


FONDO PIZZOFALCONE



PRÉCIS

DE LA

GÉOGRAPHIE UNIVERSELLE.

T. II.



PRÉCIS

DE LA

GÉOGRAPHIE UNIVERSELLE,

OU

DESCRIPTION

DE TOUTES LES PARTIES DU MONDE,

SUR UN PLAN NOUVEAU,

D'APRÈS LES GRANDES DIVISIONS NATURELLES DU GLOBE;

Précédée de l'Histoire de la Géographie chez les Peuples anciens et modernes, et d'une Théorie générale de la Géographie Mathématique, Physique et Politique;

Et accompagnée de Cartes, de Tableaux analytiques, synoptiques et élémentaires, et d'une Table alphabétique des noms de Lieux.

PAR M. MALTE-BRUN.

SECONDE ÉDITION, CORRIGÉE.

TOME SECOND.

THÉORIE GÉNÉRALE DE LA GÉOGRAPHIE.

A PARIS,

CHEZ Fr. BUISSON, LIBRAIRE-EDITEUR,

RUE GILLES-COEUR, N° 10.

1812.



PRÉCIS DE LA GÉOGRAPHIE UNIVERSELLE.

LIVRE VINGT-TROISIÈME.

Théorie de la Géographie. De la Terre, considérée comme un Corps céleste, et dans ses rapports avec les autres Corps célestes; des Longitudes et Latitudes.

Nous avons suivi, à travers les siècles, les progrès de la géographie; nous nous arrêtons pour retracer l'ensemble des connaissances actuelles. Les vérités générales précéderont les faits partiels. Nous apprendrons à connaître notre planète sous le rapport de ses dimensions et de sa nature physique, avant que d'étudier les diverses contrées qui en couvrent la surface.

C'est à l'astronomie qu'il appartient de nous montrer la terre balancée par son propre poids dans l'immensité de l'espace, roulant, avec toutes les autres planètes, autour de l'astre éclatant qui distribue à tous ces globes célestes leur portion de chaleur et de lumière. C'est à l'astronomie à calculer les lois qui gouvernent le *système solaire*, et à tracer les orbites de *Mercure* perdu dans les rayons du soleil; de *Vénus* et de *Mars* voisins de notre terre, mais qui n'ont point de *lune* ou satellite; de *Vesta*, *Junon*, *Céres* et *Pallas*, si étroitement unies; enfin, de *Jupiter*, de *Saturne* et d'*Uranus*, entourés chacun d'un magnifique cortége de satellites ou planètes secondaires. C'est encore aux astronomes à nous démontrer que le volume du soleil est 1,384,462 fois plus grand que L'astronomie exclue de ce traité.

celui de notre planète, surpassée également, à cet égard, par Jupiter, 1,281 fois ; par Saturne, 995, et par Uranus, 80 ; tandis que toutes les autres lui sont inférieures (1).

Nous, qui ne sommes que géographes, nous devons nous interdire de profaner les hautes vérités d'une autre science, en les dépouillant de l'appareil des démonstrations qui les mettent à l'abri des doutes ; il doit nous suffire d'emprunter les notions astronomiques nécessaires pour comprendre les termes qu'on emploie dans les cartes géographiques, et pour concevoir la vérité des méthodes dont on se sert pour construire ces représentations de notre globe.

Preuves de la rotondité de la terre.

La forme sphérique de la terre est le premier principe de toute géographie mathématique. Les preuves de cette vérité viennent elles-mêmes s'offrir aux sens (2). Les phénomènes du ciel l'annoncent : les apparences terrestres la font entrevoir. Commençons par ces dernières.

Preuves tirées des apparences terrestres.

Transportons-nous dans une vaste plaine de l'Arabie, ou sur la haute mer : ici aucune montagne n'intercepte les objets que peut atteindre notre rayon visuel. Pourquoi donc ne voyons-nous pas les objets élevés se rapprocher ou s'éloigner de notre vue, en diminuant seulement de volume, sans cacher aucune partie de leur ensemble, comme cela devrait arriver, si nous nous trouvions sur le même plan horizontal avec eux? Pourquoi les tours, les vaisseaux, les montagnes, lorsque nous nous en éloignons, semblent-ils se plonger sous l'horizon, à commencer par leur base? et pourquoi, au contraire, lorsque nous nous en approchons, ces objets se montrent-ils d'abord par le sommet, et ne découvrent-ils que successivement leur milieu et leur base? Ces phénomènes, que chacun est à portée d'observer, prouvent évidemment que toute plaine apparente sur la terre est une surface courbe. C'est la convexité de cette surface qui dérobe aux regards d'un spectateur placé sur les bords de la mer, le corps d'un

(1) Voyez, à la suite de ce Livre, le *Tableau synoptique du système solaire*. Consultez *Laplace*, Exposition du Système du monde; *Biot*, Astronomie physique. (2) *Varenius*, Géographie générale, revue par *J. Newton*, liv. 1, sect. 2, chap. 3. *Maupertuis*, Élémens de géographie, chap. 2.

vaisseau dont il aperçoit les mâts et la voilure. Mais dès qu'on sait que ces choses arrivent d'une manière uniforme partout où nous allons sur la terre, vers l'orient ou vers l'occident, vers le nord comme vers le sud ; dès qu'on s'aperçoit que cet ensemble de surfaces courbées n'est nulle part sensiblement interrompu, il est impossible de ne pas en tirer la conséquence que la surface totale de la terre est à peu près régulièrement courbée de tout côté, ou, en d'autres mots, qu'elle est un corps plus ou moins rapproché de la figure sphérique.

Preuves tirées des apparences célestes.

Les premiers observateurs des astres eurent sans doute, dans leurs recherches, le but de trouver des guides sûrs dans les voyages auxquels les entraînait la curiosité ou le besoin. Ils remarquèrent que le soleil, leur premier guide, occupait, dans l'hémisphère céleste, une place opposite à certaines étoiles qui, chaque nuit, brillaient constamment au-dessus de leur tête, pendant que d'autres astres disparaissaient et revenaient tour à tour. Leurs regards se fixèrent sur l'*étoile polaire;* ils remarquèrent dans les cieux ce point qui, seul immobile, semble servir de pivot, ou, selon l'expression grecque, de *pôle* (1), au mouvement apparent des globes célestes. Ils tracèrent une *méridienne*, une ligne droite, dans la direction du soleil à l'étoile polaire ; et, tout imparfaite qu'a dû être cette première opération, elle leur suffisait pour marquer à peu près les quatre coins du monde, appelés communément les *points cardinaux*. Maintenant, s'ils allaient vers le nord, ils voyaient l'étoile polaire prendre une position plus élevée dans les cieux, par rapport au cercle qui, de tout côté, bornait leur vue, et qu'on appelle l'*horizon* (2). Allaient-ils vers le midi ? cette étoile s'abaissait à vue d'œil, et d'autres, jusque-là invisibles, semblaient successivement s'élever. Il était donc impossible que la ligne dont ils suivaient la direction fût une droite tracée sur une plaine horizontale ; elle devait être une courbe, un arc

(1) Πολος, pivot; de πολειν, tourner.

(2) De ὁριζειν, borner, circonscrire.

de cercle auquel correspondait un autre arc de cercle apparent dans les cieux. Or, comme partout les mêmes changemens d'horizon avaient lieu, il était naturel de conclure que la terre était, du moins circulairement, courbée du sud au nord.

Ce fut sans doute d'après un semblable raisonnement que Leucippe, Anaximandre, et d'autres anciens philosophes, s'étaient contentés de regarder la figure de la terre comme *cylindrique* (1).

Les observations astronomiques, en se multipliant, se perfectionnèrent. On calcula par époques fixes les mouvemens des corps célestes; on détermina le retour périodique des éclipses. Dès-lors il devenait aisé de s'apercevoir que le soleil se lève plus tôt pour ceux qui habitent plus à l'orient que pour ceux qui sont moins avancés vers ce côté; car si l'on observe une éclipse de lune tant à Paris qu'à Vienne en Autriche, et que cette éclipse commence quand il est dix heures du soir à Paris, il sera près de onze heures à Vienne quand on observera ce commencement; ainsi le soleil a dû se lever plus tôt pour les Viennois que pour les Parisiens. Or, cela n'arriverait pas si la superficie de la terre n'était pas courbe d'orient en occident; car alors le soleil commencerait dans le même instant à éclairer toutes les parties d'une même face de la terre plate.

Enfin, lorsque, par une suite d'observations, on se fut parfaitement convaincu que les éclipses de la lune sont causées par l'ombre conique du globe de la terre, on eut une confirmation complète de toutes les preuves précédentes en faveur de la rotondité de la terre; et l'on vit en même tems que le globe terrestre n'était sujet à aucune grande irrégularité, puisque, dans toutes les positions possibles, l'ombre de la terre sur le disque de la lune se trouve terminée par un arc du cercle.

---

(1) *Arist. de Cœlo*, lib. II, cap. 13.

De nombreux voyages faits autour du monde ont enfin dû fermer la bouche à tous ceux qui s'obstinaient à regarder la terre comme une plaine ronde ou comme un disque demi-sphérique. Les Magellan et les Drake allèrent de l'Europe toujours vers l'occident (en faisant seulement quelques détours pour doubler les terres avancées vers le sud); et sans quitter cette direction générale, ils revinrent toujours vers les parages d'où ils étaient partis. Sur une plaine circulaire on peut bien tourner en rond, mais en changeant constamment de direction. *Heemskerk*, en allant hiverner dans la Nouvelle-Zemble, confirma ce que les astronomes avaient conclu de la figure sphérique de la terre; savoir, que les jours et les nuits, vers les pôles, durent plusieurs mois. Enfin, *Cook*, en approchant, autant que possible, du cercle polaire du sud, a trouvé sa route toujours plus petite à mesure qu'il s'approchait de ce pôle, et nous a ainsi acquis la preuve oculaire que la terre s'arrondit vers le pôle du sud comme vers celui du nord. Confirmation par les voyages autour du monde.

Tant de preuves réunies, et l'exactitude de tant d'observations astronomiques, qui toutes ont été faites et calculées dans la supposition de la sphéricité de notre terre, ne laissent plus lieu à des doutes raisonnables. Le respect pour l'Écriture-Sainte, qui, en parlant de la terre, emploie des figures oratoires empruntées au langage vulgaire (1), ne doit plus nous engager à repousser une vérité physique tout-à-fait étrangère aux vérités morales qu'enseigne la religion. En vain l'ignorance nous demanderait-elle comment la terre peut rester suspendue en l'air sans aucun appui. Levons nos yeux au ciel, et voyons tant d'autres globes qui roulent dans l'espace. La force qui les soutient nous est inconnue; mais nous en voyons les effets; nous calculons les lois d'après lesquelles ces effets ont lieu. Soyons donc sans inquiétude pour les *antipodes*, c'est-à-dire les peuples de la terre dont les pieds sont tournés contre les nôtres : il n'y a sur un globe ni haut Préjugés contraires.

(1) *Psalm.* XXIV, 2; XXXVI, 6. Comp. *Lactant.*, l. III, ch. 24. *Augustin*, de Civ. Dei, XVI, 9.

ni bas; les antipodes voient, comme nous, la terre sous leurs pieds et les cieux sur leur tête.

Que gagnerions-nous à placer sous la terre une colonnade gardée par *Atlas*, comme le veut Homère, ou neuf piliers, comme l'ont cru les Scandinaves (1), ou quatre éléphans, comme pensent les adorateurs de Brama? Sur quoi reposeraient ces éléphans ou ces colonnes? Il faut toujours que notre pensée s'arrête et recule épouvantée devant l'infini qui nous environne de toutes parts, et que la folie seule prétend comprendre.

Inégalités du globe.

Mais, diront des observateurs plus raisonnables, les hautes montagnes, les Andes, les Alpes, ne font-elles point visiblement de la terre un corps irrégulier, et rien moins que rond? Nous répondons : La plus haute montagne connue, qui est le *Chimborasso*, dans le Pérou, s'élève à 20,102 pieds de France, ou environ 6531 mètres au-dessus de la surface des mers. Cette hauteur est à peu près $\frac{1}{6000}$ de la plus grande circonférence de la terre, et $\frac{1}{1900}$ de son axe. Sur un globe artificiel de vingt-un pieds en circonférence, ou de six $\frac{2}{3}$ de pied de diamètre, le Chimborasso ne pourrait être représenté que par un grain de sable épais d'une *demi-ligne*. Des irrégularités tellement imperceptibles ne méritent donc point d'entrer en considération. Nous allons voir, dans le Livre suivant, que les véritables différences qui existent entre notre globe et une sphère parfaite, sont connues, mesurées et évaluées. Mais avant d'exposer ce résultat des observations modernes les plus savantes, il est nécessaire d'indiquer plus précisément quelques-uns des rapports qui lient la terre aux autres corps célestes, et de montrer, d'après Lalande et Biot, comment ces principes astronomiques se rattachent aux principes de la géographie mathématique.

La simple vue nous apprend que les étoiles dont la voûte nocturne du ciel est parsemée, semblent se mouvoir d'orient en occident, en décrivant des portions de cercle. Si on observe plus attentivement ce mouvement, il paraît

(1) *Voluspá*, stroph. 2.

se faire autour d'un point qui seul reste immobile : ce point a reçu le nom de *pôle*, c'est-à-dire pivot. L'étoile qui en est la plus voisine s'appelle *étoile polaire*. On conçoit que la voûte céleste s'offrant sous l'aspect d'une sphère, il doit y avoir, dans la moitié qui est invisible pour nous, un autre point immobile : c'est le *pôle céleste austral*; celui que nous voyons est le *pôle céleste boréal*. La ligne imaginaire qui passe par ces deux points et par le centre du monde, se nomme l'*axe* du monde, d'un mot grec qui signifie *essieu*. Cette ligne, passant à travers notre globe, en forme également l'axe, et marque sur la surface de la terre deux points correspondans aux pôles du ciel, et qu'on nomme les *pôles terrestres*. Celui qui répond à l'étoile polaire est appelé le *pôle septentrional*, ou le *pôle nord*, ou le *pôle arctique* (1); l'opposé se nomme le *pôle austral*, ou le *pôle sud*, ou le *pôle antarctique* (2). Pôles.

Le point de l'horizon qui répond au pôle nord est le nord ou septentrion; du côté opposé se trouve le sud ou midi. Le cercle perpendiculaire à l'horizon, qui passe par ces deux points, et conséquemment aussi par les pôles, est appelé par les astronomes le *méridien*; il partage en deux parties égales l'hémisphère céleste visible, en sorte que les astres, au moment où ils paraissent sur ce cercle, se trouvent au milieu de leur course apparente; c'est le passage du soleil par le même cercle qui détermine l'instant du midi. Horizon. Méridien.

Nous avons déjà parlé de la *méridienne* ou de la ligne qui joint le point nord de l'horizon avec celui du midi. Une ligne perpendiculaire à la méridienne, et qu'on suppose prolongée de part et d'autre jusqu'à l'horizon, marque sur ce cercle deux points opposés, éloignés chacun de 90 degrés des points *nord* ou *minuit*, et *sud* ou *midi*, et que l'on désigne sous les noms de *levant* et *couchant*, ou d'*orient* et d'*occident*, ou d'*est* et d'*ouest*. Points cardinaux.

Les deux premières dénominations rappellent que l'un

(1) Du mot grec *αρκτος*, *l'ourse*, constellation voisine du pôle nord.
(2) Des mots grecs *αντι*, contre, et *αρκτος*, l'ourse.

de ces points est du côté où les astres commencent leur course journalière apparente, ou se lèvent, et que l'autre est du côté où ils semblent se coucher ou disparaître au-dessous de l'horizon.

On peut résumer ces définitions sur un globe artificiel, ou au moyen de la figure I.

Démonstration. Que le cercle NEMO représente l'horizon, et le point A, le centre où se trouve l'observateur, les lettres *a*, *b*, *c*, et *d*, *e*, I indiqueront les portions de cercle que paraissent décrire les astres autour du pôle. Ceux parmi ces corps célestes dont la distance au pôle n'égale pas au moins la distance de l'arc PN, qui marque l'élévation du pôle nord au-dessus de l'horizon, paraissent décrire des cercles entiers, tels que *g*, *h*, *i*, *k*; le point N désigne le nord de l'horizon, M le midi, et MN représente par conséquent la ligne méridienne. Nous retrouverons le méridien céleste dans le demi-cercle MZN, dont le plan est censé perpendiculaire sur celui de l'horizon NEMO, et qui passe par les points N et M. Ce cercle coupe aux points *c* et *e*, les arcs *a b c* et *d e i* en deux parties égales. L'orient de l'horizon est représenté par le point E, et le point O y marque l'occident : c'est de E vers O que les astres paraissent se mouvoir en passant au milieu de leur course par quelqu'un des points du méridien céleste.

La véritable cause de ces apparences est le mouvement par lequel la terre tourne autour de son axe d'occident en orient, dans l'espace de vingt-quatre heures. Nous allons en donner l'explication au moyen de la figure 2, qui représente le globe terrestre isolé; le point A désignera le lieu de l'observateur, EMON son horizon, et la droite P*p* l'axe autour duquel la terre exécute son mouvement de rotation.

On aperçoit facilement que l'horizon de l'observateur, tournant avec lui pendant la rotation du globe, doit s'avancer successivement vers les astres, qui sembleront marcher pour s'approcher de l'horizon; de même que les rivages semblent se mouvoir aux yeux d'un spectateur placé sur un vaisseau qui vire de bord.

Comme le plan MZN du méridien, élevé perpendiculairement au plan horizontal NEMO, tourne en même tems avec ce dernier, il se dirige successivement vers les mêmes astres, qui se montrent alors au milieu de l'espace qu'ils paraissent parcourir au-dessus de l'horizon. Dès que le bord occidental de l'horizon touche un astre, cet astre semble se coucher, et cesse d'être visible jusqu'à ce que le mouvement de la terre ait ramené sur lui le bord oriental du même cercle.

Cette explication rend directement raison de l'apparition et de la disparition journalière des astres, et notamment du soleil. Mais pour concevoir l'usage qu'on fait de ces apparences célestes en astronomie et en géographie, il faut remarquer que ces mouvemens ne se mesurent que par des *angles*, sans aucun égard à la longueur absolue et réelle des distances. Par exemple, si l'astre ✶, *fig.* 2, se montre d'abord dans l'horizon sur le prolongement du rayon visuel AF, et ensuite sur celui du rayon AG, l'œil du spectateur ne mesure que l'espace angulaire FG; il détermine l'arc du cercle compris dans cet angle, et non pas la longueur du rayon. Cet arc, comme tout cercle, se divise en *degrés;* chaque cercle, grand ou petit, en comprend 360, et chaque degré est divisé en 60 *minutes*, subdivisées à leur tour en 60 secondes.

Mesures angulaires.

Degrés, etc.

Il est donc facile de voir qu'on peut, par rapport aux corps célestes, substituer au plan horizontal tangent NEMO un plan parallèle mené par le centre de la terre. La raison est que lorsqu'un astre situé en effet en I, paraîtra dans l'horizon tangent au point A, un observateur, placé au centre de la terre et apercevant le même astre sur la ligne CI, le trouverait seulement élevé de l'angle IC *n*, qui sera d'autant plus petit que l'astre sera plus éloigné. La figure rend ceci sensible à l'égard de l'astre situé au point H. La distance des astres étant presque infinie, comparativement au demi-diamètre de la terre, qui sépare le lieu de l'observateur du centre du globe, cet angle devient insensible pour les étoiles fixes, et très-petit pour les planètes.

Horizon rationnel.

Nous substituons donc sans erreur la *figure* 3 à la précédente ; nous prenons pour plan horizontal, par rapport aux astres, le plan NEMO, mené par le centre de la terre et parallèle au plan qui la toucherait en A, ou, ce qui est la même chose, perpendiculaire au rayon CA tiré de ce point au centre de la terre. Nous concevons de même le plan du méridien céleste MZN prolongé indéfiniment autour du centre C de la terre, par lequel il doit nécessairement passer, étant mené par l'axe P*p*. Ce plan détermine sur la surface terrestre un cercle PA*p*, qui passe par les pôles ; c'est le *méridien* terrestre du lieu A, et en même tems de tous les points situés sur sa circonférence.

Nous devons observer ici que l'horizon désigné par le cercle NEMO, et qui passe par le centre de la terre, s'appelle l'*horizon rationnel*, pour le distinguer du cercle qui est tangent à la surface qui borne notre vue, et qu'on nomme *horizon sensible.*

Zénith. Le point Z, la ligne tirée du centre du globe par le lieu de l'observateur, rencontre dans le ciel un point Z, qui est perpendiculairement au-dessus de la tête de l'observateur, et qui se nomme le *zénith ;* la même ligne, prolongée à travers le globe, marque dans la partie opposite du ciel un

Nadir. autre point *z* que l'on appelle le *nadir.*

La position de la ligne ZAC, que l'on nomme la *verti-*

Verticale. *cale,* se reconnaît sur la terre par la direction que prennent dans leur chute les corps graves, comme celle du plan horizontal est indiquée par la surface que présentent des eaux tranquilles d'une petite étendue. La verticale, ou la ligne qui marque un fil à plomb, se trouvera perpendiculaire sur une semblable surface. C'est ici le lieu de définir la situation des antipodes. Comme la pesanteur tend partout vers l'intérieur de la terre, elle agit en *a*, suivant la direction *za* opposée à ZA ; dans l'un et l'autre lieu, les corps tombent vers la surface de la terre. Les hommes placés en *a*, ayant leurs pieds opposés aux pieds de ceux qui sont en A, s'appellent les *antipodes* de ces derniers. Le *zénith* des uns est le *nadir* des autres.

De cette définition, il résulte que l'horizon doit changer de position par rapport aux astres, lorsque l'observateur change, par rapport à la surface de la terre, de lieu. S'il se transporte, par exemple, de A en *a*, *fig.* 4, en suivant directement le même méridien du nord au midi, le rayon visuel horizontal qui était NM, deviendra *nm*, en sorte qu'un astre E placé sur le prolongement du premier rayon, se trouvera élevé au-dessus de l'horizon *mn* d'un angle EC*m*, précisément égal à celui que forment les rayons CA et C*a* menés au centre de la terre; car les angles ACM et *a*C*m* étant droits, si on en retranche l'angle commun MC*a*, il est évident que les angles MC*m* et *a*CA seront égaux.

Changement de l'horizon.

Apparences célestes qui en résultent.

C'est d'après ce principe que Posidonius, ayant remarqué qu'une étoile désignée sous le nom de *Canopus*, se montrait à Rhodes dans l'horizon, tandis qu'elle paraissait, à Alexandrie en Egypte, élevée de la 48e partie du cercle ou de 7 degrés et demi, en conclut que Rhodes devait se trouver éloignée d'Alexandrie, dans le sens du méridien, de la 48e partie de ce cercle. Il est vrai que le philosophe grec, ignorant que Rhodes et Alexandrie n'étaient point sous le même méridien, prétendit à tort avoir déterminé, par cette observation, la circonférence entière de la terre. Si même son résultat, évalué en stades de 666 au degré, se trouve juste (1), cette exactitude ne saurait être due à lui-même, puisqu'il comptait pour un arc de méridien ce qui, dans le fait, n'en est point un. Mais son principe est vrai; c'est le même dont on se sert encore aujourd'hui pour parvenir aux déterminations les plus exactes, puisque, avant de mesurer la distance itinéraire de deux points quelconques, il faut trouver d'abord, par les observations faites sur un même astre, dans quel rapport l'arc A*a* du méridien qui passe par les deux points d'observation, est avec la circonférence entière.

Par cette observation, on établit le rapport d'un lieu *a* à un autre lieu A; mais, pour déterminer d'une manière

(1) *Gosselin*, Géog. des Grecs analys.

plus précise la position de ces points, on a besoin d'un terme fixe de comparaison. A cette fin, on conçoit un plan qui, passant par le centre de la terre perpendiculairement à l'axe de rotation, détermine sur sa surface sphérique une circonférence GEF, *fig.* 5, dont tous les points sont également éloignés des pôles P et p, et qu'on nomme

Equateur.

équateur. Si maintenant un observateur se place sur ce cercle, les deux pôles se trouveront précisément au bord de l'horizon; mais à mesure qu'il s'éloigne de ce cercle pour s'approcher de l'un des pôles, celui-ci s'élève tandis que l'autre s'abaisse. C'est ainsi que lorsqu'on est en a, *fig.* 4, le pôle P paraît élevé au-dessus de l'horizon de l'espace angulaire PCn; et quand on passe en A, cet angle, accru de NCn, devient PCN.

Hauteur du pôle.

La hauteur ou l'élévation du pôle au-dessus de l'horizon d'un lieu quelconque, est égale à la distance angulaire de ce lieu à l'équateur, comptée dans le sens du méridien. Car les angles ACN et GCP, *fig.* 5, étant droits, si on en retranche l'angle commun ACP, les restes ACG et NCP seront encore égaux. L'inspection de la même figure fait apercevoir que la hauteur MCG, à laquelle les points de l'équateur se montrent sur l'horizon, est le complément de l'angle ACG.

Distance des lieux terrestres à l'équateur.

Il suffit donc de déterminer pour un lieu quelconque la hauteur du pôle au-dessus de l'horizon, pour connaître la distance angulaire de ce lieu à l'équateur, ou le nombre des degrés de l'arc du méridien intercepté entre ce lieu et l'équateur.

Dans les régions du globe où l'un des pôles paraît élevé sur l'horizon, les étoiles dites *circompolaires*, c'est-à-dire, celles qui ne se couchent point, fournissent immédiatement cette détermination. Comme elles paraissent décrire un cercle autour du pôle céleste, elles ne peuvent que s'en écarter également dans tous les sens; et comme elles passent deux fois au méridien, pendant une révolution diurne de la terre, savoir, une fois au-dessus du pôle et une fois au-dessous, l'on n'a qu'à mesurer leur angle d'éléva-

tion dans chacune de ces positions, et à prendre le milieu entre les deux résultats, pour connaître l'élévation du pôle.

En mesurant, par exemple, à Paris, pendant une longue nuit d'hiver, les deux hauteurs méridiennes de l'étoile polaire, on trouvera, lorsqu'elle passe au-dessus du pôle, 50° 37'; et lorsqu'elle passe au-dessous, 47° 4'; la somme étant 97° 41', la moitié sera environ 48° 50'; ce qui est, à quelques secondes près, la hauteur du pôle au-dessus de l'horizon de Paris, ou, si l'on veut, la distance de cette ville à l'équateur.

Distance des lieux d'après leurs méridiens.

Il ne nous suffit pas encore de connaître la distance d'un lieu de la terre à l'équateur, parce que cette distance est commune à tous les lieux situés sur un cercle que tracerait à la surface du globe un plan parallèle à l'équateur, et passant par le lieu en question. Pour distinguer les lieux également distans de l'équateur, il faut connaître leur méridien, qui est différent pour chacun d'eux; l'observation des mouvemens célestes en donne encore le moyen que nous allons indiquer. Nous avons vu que les cercles des divers méridiens PA*p*, PL*p*', PM*p* etc., *fig.* 6, se coupent mutuellement dans l'axe PC*p*; mais puisque tous ces méridiens tournent sur cette ligne, ils doivent aussi répondre successivement à la même étoile; et la durée du tems qui s'écoule entre le passage de deux méridiens faisant entre eux un angle quelconque, sera ainsi à la durée de la rotation entière, comme l'angle que font ces méridiens est au cercle entier. Par conséquent, si l'on pouvait mesurer le premier intervalle pour le comparer au second, on en déduirait l'angle que forment entre eux les deux méridiens proposés. Pour arriver à cette comparaison, il faudrait pouvoir indiquer, par un signal visible en même tems dans des lieux placés sous les deux méridiens, le moment où une étoile se montre sur l'un de ces méridiens; on remarquerait cet instant, et une horloge bien réglée mesurerait le tems qui s'écoulerait entre ce passage et celui de la même étoile sur l'autre méridien.

Lorsqu'on aura connu par ce moyen l'angle sur le méridien PL*p*, passant par le lieu L, fait avec le méridien PA*p*, passant par un lieu donné A, le lieu L sera entièrement déterminé, supposé qu'on ait déjà sa distance GL à l'équateur EGF, puisqu'il se trouvera nécessairement à l'intersection du demi-cercle PLP et du parallèle LM, prolongé à cette distance.

Définitions de la latitude et de la longitude.

On appelle *latitude*, la plus courte distance d'un lieu à l'équateur. Cette distance se mesure par l'arc du méridien compris entre ce lieu et l'équateur. La latitude est *septentrionale* ou *nord* pour les lieux placés entre le pôle de ce nom et l'équateur ; elle est *méridionale* ou *sud* pour les lieux de l'hémisphère opposé.

C'est l'angle de deux méridiens, mesuré par les arcs de l'équateur ou d'un cercle parallèle, qui forme la *différence en longitude* des lieux situés sous ces deux méridiens. Pour pouvoir compter ces différences d'une manière absolue, il faut convenir d'un *premier méridien*, dont le choix est arbitraire et a varié d'un siècle à l'autre. La *longitude* absolue d'un lieu est donc l'angle que forme le méridien du lieu avec le premier méridien.

Nous venons de voir que la détermination de la longitude de deux lieux terrestres exige un signal visible en même tems de l'un et de l'autre lieu. Il est évident que, pour des lieux séparés par une distance tant soit peu considérable, les seuls signaux assez élevés doivent être cherchés parmi les astres. C'est en effet au moyen de ces corps célestes que le géographe détermine la position des lieux. Il faut donc qu'il prenne une idée de leurs mouvemens, et surtout de ceux du soleil et de la lune.

Mouvemens apparens du soleil.

Tout spectateur attentif du ciel a pu observer que le soleil, outre son mouvement diurne apparent, qu'il partage avec tous les astres, semble, dans le cours d'une année, changer de lieu de deux manières. D'abord il semble s'élever et s'abaisser alternativement vers l'un et l'autre pôle, ou vers le nord et le midi. Ensuite, si on le compare aux astres, il paraît ou qu'il recule journelle-

ment vers l'orient, ou que les astres s'avancent dans le sens opposé ; car les étoiles que l'on a vues d'abord se coucher après le soleil, semblent, le soir suivant, perdues dans les rayons du soleil couchant ; quelques jours après, elles reparaissent à l'orient, et leurs levers précèdent de plus en plus celui de l'astre du jour. Enfin, après une année ou environ 365 jours, on retrouve les étoiles et le soleil dans la même position relative.

La complication de ces mouvemens est encore augmentée par la confusion que présente la marche apparente des autres planètes ; tantôt elles semblent entraînées par un tourbillon impétueux, tantôt elles paraissent devenir stationnaires, ou même rétrogrades. L'impossibilité de concilier cette anarchie des cieux avec les principes les plus simples de la physique, engagea dans un labyrinthe d'hypothèses contradictoires les Ptolémée, les Tycho-Brahé et les autres partisans de l'immobilité de notre globe. Copernic débrouilla ce chaos en supposant avec quelques anciens philosophes, qu'en même tems que la terre tournait sur son axe d'occident en orient, dans l'intervalle d'un jour, sa masse, emportée dans l'espace absolu, et également d'occident en orient, faisait, dans un plan incliné à l'équateur, autour du soleil, une révolution entière dans l'intervalle d'une année. Hypothèse de Copernic.

Ce double mouvement, que plusieurs esprits ont encore de la peine à concevoir, se présente cependant à nos yeux dans la *toupie* qui sert aux jeux de l'enfance ; en même tems qu'elle tourne, par rotation, sur le morceau de fer qui, en la traversant, forme son axe, elle décrit encore sur le sol une orbite composée des courbes différentes qui dépendent de l'impulsion primitive qu'elle a reçue.

Passons à l'explication des mouvemens apparens du soleil, d'après l'hypothèse de Copernic. L'axe de la terre, par rapport au plan de l'écliptique, c'est-à-dire, par rapport au cercle que décrit le centre de la terre dans son mouvement annuel autour du soleil, restant toujours Mouvemens réels de la terre.

Parallélisme de l'axe de la terre.

parallèle à lui-même, présente alternativement chacun de ses pôles vers le soleil. Ce phénomène peut aisément se démontrer par la *fig.* 7, où les lignes PP, parallèles entre elles, représentent l'axe de la terre, S le centre du soleil, et ABCD la courbe elliptique décrite autour du soleil par la terre. Par suite de ce parallélisme, le pôle P, le plus rapproché du soleil lorsque la terre est en B, devient le plus éloigné quand la terre se trouve en D, parce que dans la première situation, l'inclinaison de la partie BP de l'axe terrestre est dirigée en dedans de la courbe ABCD, tandis qu'au point D elle se trouve l'être en dehors. Dans les deux points intermédiaires A et C, l'axe P ne penche ni vers le soleil, ni du côté opposé; mais dans tous les autres points de l'orbite ABCD, elle prendra nécessairement une position inclinée par rapport au soleil. Or, ces diverses positions étant les causes de la différence des saisons, méritent d'être expliquées plus en détail.

Effets de diverses positions de la terre.

Examinons la position où le pôle P se trouve le plus rapproché du soleil, et qui est retracée dans la *fig.* 8.

Le plus simple coup d'œil nous apprend que la surface terrestre se partage à chaque instant en deux parties, et que celle qui regarde le soleil doit être éclairée, tandis que celle qui est du côté opposé doit rester obscure. La limite respective de ces deux parties est déterminée par le grand cercle IL*k*, mené perpendiculairement à la ligne SO, qui joint les centres du soleil et de la terre. Nous supposons les rayons du soleil parallèles à cette ligne, attendu que la grande distance du soleil, et le petit diamètre de la terre rendent toute convergence ou divergence insensible. Il reste donc évident que le cercle IL*k'*, nommé *cercle d'illumination*, embrasse toute la surface que la terre présente au soleil. On voit d'après cela que l'équateur ELF étant un grand cercle, se trouve partagé en deux parties égales par le cercle d'illumination, ou chaque point de l'équateur, en parcourant la demi-circonférence de ce cercle d'illumination, doit nécessairement être éclairé par le soleil durant la moitié du tems

qu'il faut à la terre pour exécuter sa révolution diurne. On voit de plus que tous les cercles, en décrivant les différens points de l'arc PE, se trouvent inégalement partagés par le cercle d'illumination, et que cette inégalité devient plus sensible à mesure que ces cercles s'éloignent davantage de l'équateur. Dans ce cas, la plus grande des deux portions se trouve comprise dans la partie éclairée, et ce n'est que la plus petite qui reste dans la partie obscure: pour tous ces points, la durée du jour doit donc surpasser de plus en plus celle de la nuit. Pour toute la région renfermée dans le cercle IK décrit par le point I, il ne doit point y avoir de nuit, puisque ce cercle se trouve entièrement dans la partie éclairée.

L'autre hémisphère EpF doit nécessairement offrir un spectacle opposé à celui que nous venons de décrire. La durée des jours doit y diminuer de plus en plus à mesure qu'on se rapproche du pôle; et la région polaire, qui se trouve entièrement dans la partie obscure, est ensevelie dans une nuit perpétuelle.

On voit encore par la même figure que tous les points du cercle tangent à la ligne SHG, qui joint les centres du soleil et de la terre, viennent successivement recevoir les rayons perpendiculaires du soleil, tandis qu'en s'éloignant vers l'un ou l'autre pôle, on ne jouit plus que des rayons obliques. Il en suit que plus un lieu est voisin du cercle qui passe par GH, plus il voit le soleil s'élever sur son horizon.

Position de la terre aux équinoxes.

Considérons maintenant la durée des jours et des nuits au moment où la terre se trouve transportée au point A ou C. Dans cette position, le rayon du soleil SA ou SC se dirige perpendiculairement à l'axe Pp, vers le centre de la terre; et l'équateur, ainsi que tous les cercles qui lui sont parallèles, sont partagés en deux parties égales par le cercle d'illumination : mais puisque la partie éclairée de la terre embrasse une étendue égale à celle de la partie obscure, la durée du jour doit donc être égale à celle de la nuit pour tous les points de la surface terrestre. On

a nommé *équinoxes* les époques auxquelles le centre de la terre arrive à ces deux positions ; et comme le soleil est alors dans le plan de l'équateur, ce cercle prend aussi le nom de *ligne équinoxiale*, ou simplement de la *ligne*.

Saisons astronomiques. On désigne sous le nom de *printems astronomique*, pour l'hémisphère EPF, la durée du tems qui s'écoule pendant que la terre s'avance du point A jusqu'au point B, dans la *figure* 7. En partant de l'équinoxe de printems, le plan de l'équateur s'abaisse de plus en plus par rapport au soleil, qui paraît s'élever vers le pôle. Cet astre parvenu au point B, sa plus grande hauteur apparente, le demi-axe BP de la terre prend sa plus grande inclinaison possible vers le soleil, qui, à cette époque, paraît le plus près du pôle P : le jour est alors le plus long de l'année, et l'été de l'hémisphère EPF commence. Cette situation de l'axe PF paraît stationnaire pendant plusieurs jours : on a nommé ce point *solstice* d'été. C'est la position que nous avons examinée en détail d'après la figure 8 ; c'est l'été de nos régions. La terre étant arrivée au second équinoxe C, l'hémisphère dont nous nous occupons voit commencer l'automne. Alors le soleil, en paraissant s'abaisser, revient dans le plan de l'équateur, et semble le traverser de nouveau. Cet astre, ayant effectué son passage par le point C, paraît toujours descendre au-dessous de l'équateur, pendant que le demi-axe CP s'incline en même tems de plus en plus du côté opposé, jusqu'à ce que la terre soit en D, point où commence l'hiver de l'hémisphère EPF ; l'axe demeurant alors plusieurs jours presque dans la même situation, on a nommé ce point *solstice* d'hiver. La position de la terre à ce point peut être examinée en détail à l'aide de la figure 9, qui représente l'hiver de nos régions. La durée de cette saison se détermine par le tems que la terre emploie à revenir au point A. Pendant cet intervalle, le pôle P se rapproche du soleil, qui par conséquent semble remonter vers l'équateur, où il arrive quand la terre, revenue au point A, achève sa révolution annuelle.

Dans l'hémisphère opposé F*p*F, la succession des saisons doit se passer dans un ordre inverse ; de sorte que le printems de cet hémisphère répond à l'automne de l'autre, et ainsi de suite.

Remarquons encore que l'orbite de la terre ABCD, figure 7, étant une ellipse ou cercle allongé dont le soleil occupe un des foyers, la terre emploie plus de jours à aller du point d'équinoxe du printemps A, par le solstice d'été B, au point d'équinoxe d'automne C, que pour décrire la seconde partie de son orbite. Cette circonstance donne à l'hémisphère boréal que nous habitons, l'avantage d'un printems et d'un été un peu plus longs que ceux dont jouissent les habitans de l'hémisphère austral. Avantage de l'hémisphère boréal.

Les premiers astronomes, pour mieux calculer ce mouvement apparent du soleil, le rapportèrent aux *constellations* ou groupes d'étoiles fixes que cet astre paraît traverser successivement, et qui sont au nombre de douze ; ce qui donne trois pour une saison. Voici leurs noms et les caractères dont on se sert pour les représenter : Le zodiaque

♈ *le Belier,*	♉ *le Taureau,*	♊ *les Gémeaux,*
♋ *le Cancer,*	♌ *le Lion,*	♍ *la Vierge,*
♎ *la Balance,*	♏ *le Scorpion,*	♐ *le Sagittaire,*
♑ *le Capricorne,*	♒ *le Verseau,*	♓ *les Poissons.*

Les douze signes.

Ces images d'animaux, que l'astronomie primitive avait transportées dans les cieux, firent donner à la bande qu'occupent ces constellations le nom de *zodiaque* (1) ; chaque constellation s'appelle un *signe*. Il est bon d'observer que par l'effet d'un mouvement particulier, mais très-lent, de l'axe de la terre, les *constellations* ne peuvent plus répondre aux mêmes points de l'orbite terrestre ; mais comme on a restreint le nom de *signes* aux douze divisions de la circonférence du cercle qui mesure la révolution entière de la terre, et comme ces divisions, dont chacune est de 30 degrés, ne changent point, l'équinoxe du printems répond toujours au premier point du signe

(1) De ζῶον, animal.

du belier, le solstice d'été coïncide avec le premier point du cancer, l'équinoxe d'automne arrive au premier point de la balance, et le solstice d'hiver au premier point du capricorne, bien que les constellations ou groupes d'étoiles de mêmes noms aient cessé d'être en rapport avec ces saisons.

Les tropiques. Par le mouvement apparent du soleil, qui s'éloigne de l'équateur tantôt au nord, tantôt au sud, cet astre passe successivement au zénith de tous les points de la terre compris entre les deux cercles GH et *gh* (*figures* 8 et 9), parallèles à l'équateur, et sur lesquels ses rayons tombent verticalement aux deux solstices. Ces limites, où le soleil semble s'arrêter et revenir sur ses pas, ont reçu le nom de *tropiques*, c'est-à-dire, cercles de retour (1). Celui qui répond au solstice d'été se nomme *tropique du cancer*, et l'autre, le *tropique du capricorne*.

Cercles polaires. Les cercles IK et *ik*, qui circonscrivent vers chaque pôle la partie qu'atteignent les rayons du soleil lorsqu'il est dans l'hémisphère opposé, s'appellent *cercles polaires*; l'un est l'*arctique*, et l'autre l'*antarctique*.

Zones terrestres. La surface terrestre se trouve ainsi partagée en cinq *zones* ou *bandes*, par les cercles polaires et les tropiques; celles qui sont renfermées par les cercles polaires étant privées de la chaleur du soleil pendant une grande partie de l'année, puisqu'elles n'en reçoivent jamais les rayons que très-obliquement, ont mérité le nom de *zones glaciales*. Deux autres zones, comprises dans chaque hémisphère, entre le cercle polaire et le tropique, reçoivent les rayons du soleil moins obliquement que les zones glaciales, mais jamais verticalement; ce sont les *zones tempérées*. Enfin la bande circonscrite par les deux tropiques, dont chaque point passe deux fois sous le soleil dans l'année, et qui reçoit constamment les rayons de cet astre dans une direction peu oblique, a reçu la dénomination outrée de *zone torride*. Nous reviendrons ailleurs sur les qualités physiques de ces grandes régions du globe.

(1) De τρέπω, retour.

Les anciens géographes font souvent usage d'une division de la terre en *climats*, qu'ils fondaient sur la durée du jour comparée à celle de la nuit, au solstice d'été. Les climats se comptent par différence de demi-heure jusqu'au cercle polaire, où les différences se succèdent plus rapidement; on les compte dès-lors par mois (1). Climats mathématiques

Le contraste des saisons, dans les hémisphères situés au nord et au sud de l'équateur, a donné naissance à des distinctions qu'il faut connaître, parce qu'on les rencontre quelquefois dans les géographies d'une date ancienne. Les peuples qui habitent sur le même méridien et à la même latitude sont nommés *antesciens* (2); ils comptent les mêmes heures aux mêmes instans, mais ils ont des saisons opposées. Ceux qui demeurent sous des méridiens opposés, du même côté de l'équateur et à une égale distance, sont *periœciens* (3): ils comptent au même instant des heures opposées, les uns ayant minuit quand les autres ont midi; mais, étant du côté du même pôle, ils ont les mêmes saisons. Antesciens. Periœciens.

La géographie ancienne connaît également une division des habitans de la terre, d'après la projection des ombres. On a nommé *hétérosciens* (4) ceux qui occupent les zones tempérées, parce que leurs ombres, toujours tournées vers le pôle élevé sur leur hémisphère, se trouvent par conséquent dirigées dans des sens opposés. Les habitans des zones glaciales, qui, dans un tems de l'année, jouissent de la présence du soleil pendant vingt-quatre heures et plus, voient cet astre tourner autour de leur horizon, et tracer leur ombre dans tous les sens; ce qui les a fait nommer *périsciens* (5). Enfin on appelle *amphisciens* ou *asciens* (6) les habitans de la zone torride, dont les ombres, presque nulles à midi, sont tour à tour dirigées vers un pôle et vers l'autre. Hétérosciens. Périsciens, etc.

(1) *Voyez* à la fin du volume, *Table des climats.* (2) De ἀντι, contre, et οἰκια, habitation. (3) De περι, autour, et οἰκια, habitation.
(4) De ἑτερος, divers, et σκια, ombre. (5) De περι, et σκια; voyez ci-dessus. (6) De ἀμφι, autour, ou de ἀ, sans, et σκια.

Sphère droite, oblique et parallèle.

Passons à une distinction plus essentielle. En considérant les phénomènes locaux, on reconnaît trois situations de la *sphère*, c'est-à-dire, de l'ensemble des divers cercles que nous avons fait connaître, et qui servent à déterminer la position relative des astres. Les habitans de l'équateur ont la *sphère droite*, attendu que le plan de ce cercle, passant par leur zénith, est pour eux perpendiculaire à l'horizon; d'où il résulte que les astres, qui, dans leur mouvement diurne apparent, décrivent des parallèles à l'équateur, paraissent se lever et descendre verticalement par rapport à l'horizon. Les peuples qui habitent depuis l'équateur jusqu'aux pôles, ont la *sphère oblique*, parce que, l'équateur coupant leur horizon obliquement, la route apparente des astres ne peut jamais être parallèle à l'horizon. Enfin, à l'un et l'autre pôle l'horizon se confond avec l'équateur même, et les astres paraissent marcher parallèlement à ce cercle; ainsi un habitant du pôle, s'il y en avait, aurait la *sphère parallèle*.

Comme les limites des zones et des climats se trouvent déterminées par l'inclinaison de l'axe de la terre sur le plan de l'écliptique, il est essentiel de découvrir cette inclinaison; on y parviendra facilement en observant dans un même lieu la plus grande et la plus petite des hauteurs du soleil, lorsqu'il passe par le méridien au solstice d'été et à celui d'hiver. Car puisque, dans l'un et l'autre cas, le soleil s'écarte également de l'équateur de côté et d'autre, ce cercle doit couper le méridien à une hauteur moyenne, entre les deux hauteurs extrêmes du soleil; et la différence de celles-ci sera double de la quantité angulaire dont le soleil s'élève et s'abaisse par rapport à l'équateur : on déterminera donc à la fois cette quantité et la position de l'équateur sur l'horizon; d'où l'on conclura la latitude du lieu des observations.

A Paris, par exemple, le soleil s'élève, au solstice d'été, à 64° 38' au-dessus de l'horizon, et à 17° 42' au solstice d'hiver. La somme de ces hauteurs est 82° 20', dont la moitié est 41° 10' : c'est la hauteur de l'équateur sur l'ho-

rizon de Paris; et prenant le complément d'un angle droit ou de 90°, on trouvera que la distance de l'équateur au zénith, ou la latitude de Paris, est de 48° 50'.

En retranchant l'une de ces hauteurs du soleil, de l'autre, on trouve une différence de 46° 56', dont la moitié, ou 23° 28', est égale au nombre de degrés dont le soleil s'écarte de l'équateur vers l'un et l'autre pôles. Tel est l'angle que font entre eux les plans de l'équateur et de l'écliptique.

C'est ce qu'on nomme *l'obliquité de l'écliptique*. Elle n'est pas invariable; les observations et le calcul des forces qui produisent les mouvemens des planètes ont prouvé que l'inclinaison de l'équateur terrestre, par rapport à l'écliptique, éprouve une diminution d'environ 52" par siècle, jusqu'à ce qu'elle parvienne à un terme qui n'est pas encore bien déterminé, passé lequel elle recommencera à croître (1). Les zones terrestres varient donc en proportion de ce changement. En nous tenant au terme moyen actuel de l'obliquité de l'écliptique, nous trouvons que, si l'on partageait la surface de la terre en 10,000 parties égales, la zone torride en occuperait 3982, tandis que les deux tempérées en rempliraient 5191, et les deux glaciales, 827. Obliquité de l'écliptique.

Les deux mouvemens combinés de la terre produisent, dans la fixation du tems, une différence qui influe sur les méthodes d'après lesquelles on détermine les positions géographiques. On distingue plusieurs espèces de *jours* et d'*années*.

L'*année tropique* ou *solaire* est le tems qu'emploie la terre à parcourir l'écliptique, en partant d'un des équinoxes pour revenir au même point : elle comprend 365 jours moyens 5 heures 48' 50". On la nomme *année tropique*, parce qu'il faut que tout cet intervalle de tems s'écoule pour que chaque saison revienne dans le même ordre qu'auparavant. Par suite du mouvement appa- Année tropique.

(1) *Laplace*, Système du Monde, p. 11 et 197.

tour des pôles ou de l'axe de la terre, les points équinoxiaux, ainsi que tous les autres points de l'écliptique, paraissent rétrograder par rapport aux étoiles. C'est là ce mouvement qu'on nomme *précession des équinoxes*. Les astronomes l'ont estimé d'environ 50" par an; ce qui allonge la révolution annuelle de la terre de 20' 24", lorsqu'on la compare aux étoiles. Elle se nomme *année sidérale*, et dure 365 jours 6 heures 9' 12".

Année sidérale.

Jour moyen.

La durée du jour astronomique *moyen*, divisé en vingt-quatre heures, est marquée par l'intervalle qui s'écoule entre deux passages consécutifs du soleil par le méridien du même lieu, en supposant le mouvement apparent du soleil d'une vitesse uniforme. Mais ce mouvement est reconnu pour inégal, ou plutôt notre terre n'emploie pas tout-à-fait 24 heures dans sa rotation, parce que dans le tems même que la terre emploie à tourner autour de son axe, elle s'avance dans son orbite un peu vers l'orient; il faut donc que chacun de ses méridiens, après avoir achevé une révolution entière, anticipe quelque peu sur la révolution suivante, afin que son plan se rapporte à celui qui passe par les centres de la terre et du soleil; en sorte que l'intervalle entre deux passages d'une étoile fixe au même méridien, qui mesure la véritable durée de la rotation terrestre ou du *jour sidéral*, n'est que de 23 heures 56' 4". Mais ce jour sidéral ne peut guère servir à mesurer le mouvement des autres corps célestes, puisque ceux-ci paraissent gagner chaque jour sur le soleil environ 4' de tems dans leur passage au méridien.

Jour sidéral.

Jour solaire.

L'inégalité des *jours solaires* est due à deux causes distinctes : la position oblique de l'écliptique à l'égard de l'équateur, et l'inégalité du mouvement apparent du soleil dans l'écliptique. La première de ces deux causes fait que l'arc de l'équateur, qui passe par le méridien en même tems que l'arc diurne de l'écliptique, ne lui est pas toujours égal, mais tantôt plus grand, tantôt plus petit. A l'égard de la deuxième cause, nous observerons que le soleil, placé dans un des foyers de l'orbite elliptique de la terre, paraît se mouvoir

plus lentement dans les six signes septentrionaux que dans les six méridionaux; et cette différence de vitesse suffit pour rendre inégaux les arcs diurnes de l'équateur. Le concours de ces deux causes fait que la durée des jours solaires, comparée à celle de la rotation de la terre, est tantôt moindre et tantôt plus grande que vingt-quatre heures; et cette inégalité sera toujours la plus grande, lorsque les deux causes que nous venons d'expliquer se trouveront concourir ou accumuler les différences dans le même sens. La série de ces différences forme ce qu'on appelle l'*équation du tems*, ou la quantité qu'il faut, dans certaines saisons, ajouter, et dans d'autres, soustraire à l'heure indiquée par les horloges réglées sur le soleil et marquant le *tems vrai*, si l'on veut en conclure le *tems moyen* ou astronomique. Or, c'est au tems moyen que se rapportent les tables astronomiques à l'aide desquelles on calcule les mouvemens des astres, et, par eux, les positions géographiques. Tems moyen ou astronomique.

Nous avons considéré la terre en rapport avec le soleil; mais elle l'est encore très-directement avec la *lune*. Ce satellite de notre planète accomplit sa révolution autour de la terre, d'occident en orient, en 27 jours 7 heures 43' 11": ce tems est ordinairement appelé *mois périodique*. On s'apercevra que cette planète emploie un peu plus de tems à retourner vers le soleil à chaque conjonction. La cause de cette différence vient uniquement de ce que la terre, et par conséquent la lune son satellite, s'avance sur l'écliptique, pendant que la lune parcourt son orbite en 27 jours 7 heures : ce dernier espace de tems est nommé *mois synodique* ou mois lunaire; il est de 29 jours 12 heures 44' 3" 10'". Il commence au moment où la lune se trouve directement entre le soleil et la terre, ce qu'on nomme *en conjonction*. Cet aspect est représenté dans la figure 10, où S désigne le soleil, T la terre, et L la lune. Mouvement de la lune. Mois.

En parcourant son orbite, la lune prend, à l'égard du soleil, plusieurs situations, desquelles résultent les aspects ou *phases*. La lune étant un corps opaque, ne peut être Phases de la lune.

aperçue qu'autant qu'elle renvoie la lumière qu'elle emprunte du soleil; elle ne devient donc visible pour nous que lorsqu'après avoir passé le point L', elle commence à tourner vers la terre une portion de son disque éclairé, qui s'agrandit à mesure qu'elle s'éloigne du soleil pour passer du côté opposé en L'. La terre se trouvant alors entre ces deux astres, on voit en entier l'hémisphère éclairé de la lune, qui, dans cet état, paraît pleine et en *opposition* avec le soleil.

La conjonction et l'opposition de la lune par rapport au soleil, ou la nouvelle et la pleine lune, sont les *syzygies*. Quand la lune est éloignée du soleil d'un quart de circonférence, comme en P et D, elle est en *quadrature*, et ne fait apercevoir que la moitié de son hémisphère éclairé. C'est le premier ou le dernier quartier, selon que son bord arrondi est tourné à l'occident ou à l'orient.

On serait tenté de croire que la lune devrait, chaque fois qu'elle est en conjonction avec le soleil, nous cacher en tout, ou au moins en partie, le disque de cet astre, et, chaque fois qu'elle est en opposition, se plonger dans l'ombre que la terre projette derrière elle; de sorte qu'il y aurait, dans le premier cas, *éclipse de soleil*, et dans le second, *éclipse de lune*. Ces phénomènes n'arrivent cependant pas à toutes les nouvelles et pleines lunes : en voici la raison. Le plan de l'orbite de la lune est incliné à celui de l'écliptique, et ces deux plans ne se rencontrent que dans une seule ligne, ou section commune, qui doit passer par le centre de la terre. Il est évident que la lune ne se trouve dans le plan de l'écliptique que lorsqu'elle passe vers l'une ou l'autre extrémité de cette ligne, c'est-à-dire, lorsqu'elle se trouve dans *ses nœuds*. Lorsque les conjonctions et les oppositions coïncident avec les nœuds, il y a éclipse; dans le cas contraire, il n'en arrive point. On comprendra mieux ces particularités en comparant la *figure* 10, qui représente en *plan géométral* les orbites de la terre et de la lune, et la *figure* 11, qui montre le *coupe* ou *profil*, suivant la ligne

Éclipses du soleil et de la lune.

ST. Cette ligne ST désigne le plan de l'écliptique, et Ll celui de l'orbite lunaire. Nous allons faire voir maintenant comment l'observation de ces phénomènes sert à fixer la longitude d'un lieu de la terre.

Nous savons que, pour déterminer la longitude d'un lieu, il ne sagit que de remarquer précisément l'heure que l'on compte au même instant en deux points différens, par l'observation d'un signal instantané qui puisse être aperçu dans ces deux points.

Longitudes par les éclipses de la lune.

Les éclipses de lune semblent d'abord les signaux les plus favorables; car l'entrée de la lune dans l'ombre de la terre a lieu au même instant pour tous les points de l'hémisphère terrestre, alors tourné vers cet astre, c'est-à-dire, pour tous les lieux qui peuvent observer l'éclipse; d'ailleurs, les taches dont son disque est parsemé, fournissent le moyen de faire plusieurs observations pour la même éclipse, en marquant avec précision le tems de la disparition de chaque tache à son entrée dans l'ombre ou *l'immersion*, et celui de la sortie de l'ombre ou l'*émersion* : ainsi, en supposant que l'on aît déterminé dans chaque lieu le tems vrai de cette observation, la différence des tems, convertie en degrés de l'équateur, donnera immédiatement la différence des longitudes. Si tous les résultats obtenus ne se rapportent pas exactement, on prend ordinairement un milieu entre toutes les observations; mais il vaut beaucoup mieux examiner en détail les circonstances qui ont accompagné chaque observation, apprécier d'après ces données la bonté relative de chacune d'elles, et ne comparer que celles qui sont à l'abri de tout soupçon d'inexactitude (1).

Almanachs astronomiques.

On n'a pas absolument besoin des observations correspondantes. Les almanachs astronomiques, tels que la *Connaissance des tems* des Français, le *Nautical almanach* des Anglais, ou le Calendrier *du Navigateur* des Danois, offrent des calculs d'éclipses faits d'avance pour un point connu

(1) *Burg*, dans *Zach*, Correspondance astronomique, IV, 629. *Oltmanns*, Recherches sur la Géographie du nouveau Continent; *passim*.

C'est de cette manière que M. Lalande a pu déterminer la longitude de *Casbin*, ville du nord de la Perse, d'après l'éclipse de lune du 30 juin 1787, observée par l'astronome Beauchamp dans ce lieu. La fin de l'éclipse, ou la sortie totale du disque lunaire de l'ombre de la terre, ayant eu lieu pour *Casbin* à 7 heures 45' 30", tems vrai, et le calcul donnant pour Paris 4 heures 36' 38", la différence, qui est de 3 heures 8' 52", équivaut à la différence des méridiens de Paris et de *Casbin*. Si on la convertit en degrés à raison de 15 pour une heure, ce qui donne 15 minutes de degré pour une minute de tems, et 15 secondes de degré pour une seconde de tems, on aura pour 3 heures 8' 52" en tems, la somme de 45° 13' en arc. Telle est, par rapport au méridien de Paris, la longitude de *Casbin*, résultante de l'observation ci-dessus. Mais les éclipses de la lune offrent un grand inconvénient : c'est que l'instant où le disque lunaire entre dans l'ombre pure, instant qui doit marquer le commencement de l'éclipse, ne peut jamais être assigné avec précision ; on ne saurait donc répondre de quelques secondes de tems dans la détermination des phases d'une éclipse de lune ; aussi l'emploi des éclipses de lune pour la détermination des longitudes est-il aujourd'hui généralement abandonné.

Longitudes par les satellites de Jupiter.

Cassini fut le premier qui, en 1668, proposa de faire usage, dans la recherche des longitudes, des immersions et des émersions des satellites dans l'ombre de Jupiter. La théorie des éclipses des satellites de Jupiter revient à celle des éclipses de la lune ; car ces corps se trouvant dans des circonstances semblables à celles qui produisent les éclipses de lune, se plongent de même dans l'ombre de leur planète ; et si l'on peut observer leur disparition et leur apparition dans plusieurs lieux à la fois, on en fera, pour la détermination des longitudes, le même usage que des éclipses de lune. Il y a bien deux autres planètes, Saturne et Uranus, également accompagnées de satellites ; mais leur petitesse et leur éloignement, qui ne permettent de les apercevoir qu'au moyen des plus forts télescopes,

rendent à peu près impraticable, ou du moins peu utile, l'observation de leurs éclipses. Les satellites mêmes de Jupiter ne sont pas tous également propres à l'usage des observateurs; car ici, comme dans les éclipses de la lune, le moment précis de l'immersion et de l'émersion est toujours un peu incertain, surtout le second et le troisième satellite (1). L'utilité dont ces satellites de Jupiter peuvent néanmoins être, a engagé les astronomes à dresser des tables pour prédire leurs immersions, afin que l'on puisse se passer des observations correspondantes (2).

Longitudes par les éclipses du soleil.

Les éclipses du soleil ne sont pas moins propres que celles de la lune à découvrir les longitudes; il suffit, dans cette recherche, qu'on ait observé dans chaque lieu dont on veut connaître la longitude, le commencement ou la fin d'une même éclipse; mais le calcul n'en est pas aussi simple. M. de Lalande, en s'occupant avec soin, a, par leur secours, rectifié les positions d'un grand nombre de lieux. Le calcul ne devient difficile que parce que la situation relative du soleil et de la lune n'est pas la même pour les différens points où l'on aperçoit en même tems ces deux astres. La lune se trouve dans le cas des nuages qui, aperçus d'un certain point, nous paraissent placés sous le soleil, et projettent leur ombre dans un espace limité, hors duquel le soleil brille dans tout son éclat. Ce spectacle varie continuellement, selon que, d'un instant à l'autre, le soleil, le nuage et le spectateur changent de situation. Pour employer l'observation d'une éclipse de soleil à la recherche des longitudes, il faut en avoir déterminé plusieurs phases, surtout le commencement et la fin, en conclure le milieu, et tirer des tables astronomiques les données propres à fixer la position respective des lignes parcourues par le centre du soleil et celui de la lune durant l'éclipse, afin de pouvoir calculer

(1) *Rossel*, Voyage d'Entrecasteaux, II, 245. *Zach*, Correspond. astron. I, 421. (2) Table des Satellites de Jupiter, par M. *Delambre*.

l'instant où ces deux astres ont été en conjonction. Si on connaît alors l'heure qu'il était à ce même instant dans un lieu donné, la différence de ces tems indique celle des longitudes.

Les éclipses du soleil ne fournissent pas des longitudes très-précises (1); celle du 5 septembre, observée avec le plus grand soin par trois astronomes, en offre l'exemple : M. de Lalande en conclut la longitude de Naples, 47' 3" en tems; M. de *Wurm*, 47' 40", et M. *Triesnecker*, 47' 20".

Longitudes par l'occultation des étoiles.

Le phénomène céleste le plus fréquent, c'est celui qu'on nomme *occultation*, ou le passage d'une étoile derrière le disque de la lune ; il est en même tems un de ceux qu'on peut observer avec beaucoup de précision (2). Il faut déterminer par l'observation le moment où le centre de la lune s'est trouvé en conjonction avec l'étoile, ce qui fixe une position absolue de la lune; ensuite, soit au moyen des calculs faits à l'avance dans les almanachs astronomiques qui prédisent ces phénomènes, soit par la comparaison des observations correspondantes, on trouve l'heure qu'il était au moment de cette conjonction dans un lieu dont la position est connue ; et on conclut la différence de longitude comme dans les autres cas.

Il est évident que tous ces moyens reviennent à cette proposition. « *Déterminer, pour le lieu dont on cherche la* » *longitude, la position dans laquelle se trouve un corps* » *céleste à un moment donné, et déduire de cette position* » *l'heure que l'on compte au même instant dans un autre* » *lieu dont la situation est connue d'avance.* » Il s'ensuit que, sans attendre un phénomène céleste, le seul changement de distance angulaire entre deux astres dont le mouvement est connu, pourrait nous procurer la détermination du lieu où nous nous trouvons. Mais on sent aussi que l'astre doit avoir un mouvement apparent assez rapide pour que sa position à l'égard des étoiles ou des

Longitudes par les distances lunaires.

(1) *Zach*, Correspond. I, 73, note. (2) *Rossel*, Voyage d'Entrecasteaux, II, 244.

astres qui doivent servir de terme de comparaison, offre des variations très-sensibles dans l'espace de 24 heures. La lune seule nous présente ces avantages; comme elle parcourt à peu près 13° par jour, une seule minute de degré dans son déplacement répond à un peu moins de 2' de tems ou 30' de degré en longitude. Or, on peut, en prenant la distance angulaire de la lune aux étoiles ou au soleil, à l'aide de nos instrumens perfectionnés, fixer avec une grande précision la position de cet astre, et par conséquent déterminer à peu de secondes près le tems que, sous un méridien donné, on compte au moment de l'observation.

Cette méthode, dite des *distances lunaires*, indiquée d'abord en 1514 par *Werner*, de Nuremberg (1), développée en 1524 par le Saxon *Apianus*, fut vantée par divers astronomes, et entre autres par le célèbre *Kepler* (2); mais l'imperfection des Tables astronomiques qui marquaient les mouvemens de la lune, en rendait la pratique incertaine. Les essais de *Morin*, pour la mettre en usage, n'eurent point de succès. Recommandée de nouveau et mieux enseignée, en 1750, par *Tobie Mayer*, cette méthode fut employée avec beaucoup de succès par le célèbre voyageur danois *Niebuhr* (3); elle a depuis acquis une grande perfection par les travaux de *Borda*, de *Delambre*, de *Burg*, et surtout de *Laplace*. Des instrumens ingénieux et construits avec le plus grand soin, des tables calculées avec une exactitude étonnante, des formules variées, facilitent maintenant cette opération, qui est devenue d'un usage universel, et qui, sur mer, remplace avec avantage toutes les autres méthodes (4).

Origine et progrès de cette méthode.

On joint cependant aux observations lunaires l'usage des *garde-tems* ou montres marines, qui servent dans les intervalles où l'on ne peut se procurer des observations

Usage des chronomètres.

(1) *Werner*, notæ in Ptolom. Géog. lib. 1. (2) *Kepler*, tab. Rudolph. 37, 42. (3) *Zach*, Correspond. astron. IV, 246. (4) *Fleurieu*, Voyage de Marchand, *passim*. *Dubourget*, Traité de Navigation, liv. 3, ch. 10. *Rossel*, l. c., etc.

de distances de la lune au soleil ou aux étoiles. Ces instrumens rempliraient, à eux seuls, le but qu'on se propose, s'il était possible d'en construire d'assez parfaits pour qu'une fois mis à l'heure sous un méridien donné, leur mouvement restât exactement le même pendant toute la durée du voyage; car ils marqueraient alors partout l'heure qu'il est sous ce méridien. Jusqu'à présent, les efforts des Harrison, des Julien-le-Roi, des Berthout, d'Armand et d'autres artistes célèbres, n'ont pu donner aux montres marines cette uniformité absolue de mouvement; mais ils en ont approché assez pour que la marche de ces horloges, malgré l'agitation perpétuelle des vaisseaux, n'éprouvât qu'un dérangement insensible pendant un assez long voyage. On remédie d'ailleurs aux imperfections de ces machines, en observant avec soin la quantité dont elles retardent pendant un espace de tems donné, et en corrigeant ensuite leur marche, lorsqu'on arrive dans un lieu dont la longitude est connue.

Tels sont les principaux moyens que l'astronomie fournit au navigateur et au voyageur pour déterminer la longitude et la latitude des lieux qu'il visite. Nous n'avons exposé que les principes généraux sur lesquels ces observations se fondent; nous devons encore indiquer rapidement les erreurs auxquelles ces méthodes sont sujettes, et les *corrections* au moyen desquelles on les en purge.

Correction des longitudes.

Les illusions optiques se présentent en première ligne. On sait qu'un rayon de lumière réfléchit lorsqu'il passe dans un milieu dont la densité augmente. Par conséquent les astres ne sont jamais aperçus dans le véritable lieu qu'ils occupent; le rayon qui vient frapper notre vue, les

Réfraction.

élève sur l'horizon d'une quantité d'autant plus grande qu'ils sont plus voisins de ce cercle. L'état de l'atmosphère, plus ou moins dense, influe sur ce phénomène. Il est nécessaire d'en déterminer la quantité pour chaque degré de hauteur au-dessus de l'horizon, afin de pouvoir la retrancher des hauteurs observées qui se trouvent toujours plus grandes que les hauteurs vraies, excepté dans

le cas où l'astre serait au zénith, parce qu'alors le rayon de lumière traversant les couches de l'atmosphère perpendiculairement, n'éprouve aucune réfraction.

Diverses causes physiques, la chaleur, l'humidité, la densité de l'air, font varier les réfractions d'un climat à l'autre; les lois, encore inconnues, de ces variations, forment l'objet de recherches importantes pour le perfectionnement de l'astronomie (1).

Nous avons vu plus haut, qu'attendu la petitesse du diamètre de la terre comparée à l'immense distance des étoiles fixes, l'observation des hauteurs de ces astres était toujours rapportée au centre de la terre, en considérant les rayons de lumière comme parvenant à tous les points de la terre dans les directions parallèles, et en négligeant par conséquent l'angle AIC, *fig.* 2; mais cet angle devient sensible pour le soleil, les planètes, et surtout pour la lune, puisqu'en le négligeant l'astre se trouve abaissé au-dessous de sa situation réelle à l'égard du centre de la terre. Pour rendre toutes les observations comparables, les astronomes sont convenus de regarder comme le *lieu vrai* des astres sur la sphère céleste, celui où on les verrait s'ils étaient observés du centre de la terre. Par opposition, ils appellent *lieu apparent* d'un astre le point de la sphère céleste auquel on le rapporte quand on l'observe de dessus la surface de la terre. La différence dans le résultat de ces deux observations dépendra, comme on voit, de l'angle AIC, sous lequel on verrait du centre de l'astre la corde de l'arc terrestre qui joint les deux observateurs. Cet angle se nomme la *parallaxe*. Il devient nul au zénith; il est le plus grand possible à l'horizon. Il s'élève pour le soleil à 8° 6', et pour la lune il varie d'environ 54' à 62'. L'effet de la parallaxe étant contraire à celui de la réfraction, on doit l'ajouter à la hauteur observée, pour pouvoir rapporter celle-ci au centre de la terre.

Parallaxe des planètes.

(1) *A. de Humboldt*, Voyage, partie astronomique, I. p. 109 *sqq.* Essai sur les Réfractions. Traité d'astronomie de *Biot*, etc., etc.

Nous ne pouvons entrer dans une explication détaillée des corrections qu'exigent les tables dont on se sert pour calculer les observations de longitude. Les corps célestes, quoique obéissant à des lois immuables, éprouvent dans leurs mouvemens certains effets de leur attraction réciproque qu'on appelle *perturbations*. Il en résulte plusieurs petits mouvemens d'accélération ou de retard, dont le période est quelquefois de plus d'un siècle, et dont les équations sont difficiles à fixer avec certitude. Les progrès de la haute géométrie, les théories de *De Laplace* et les calculs de *Delambre*, de *Burg* et d'autres astronomes, ont réduit à des quantités presque insensibles la discordance dont on s'aperçoit au moyen des observations correspondantes.

Il y avait naguère une autre source d'incertitudes ; c'était l'imperfection des instrumens qui souvent faisait dévier l'observateur le plus scrupuleux d'une demi-minute dans la détermination de l'angle observé. Aujourd'hui, non-seulement la mécanique a porté une grande exactitude dans la confection des instrumens, mais l'ingénieuse invention du *cercle répétiteur* de Mayer, perfectionné par Magellan et Borda (1), permet aux observateurs, en prenant le multiple de l'angle observé, d'accroître à volonté la rigueur de l'évaluation, et de diminuer l'erreur possible jusqu'à une seconde près.

Instrumens.

Cercle répétiteur.

Les deux méthodes pour trouver la latitude, que nous avons indiquées précédemment, ne suffisent point aux besoins des navigateurs qui, pour calculer leur longitude par les distances lunaires, ont besoin de connaître à l'instant même la latitude sous laquelle ils se trouvent. On a remédié en partie à cet inconvénient par des *tables solaires* calculées d'avance, et qui donnent pour tous les jours de l'année le lieu du soleil. Le principe sur lequel est basée la construction de ces tables, consiste à présenter d'abord les valeurs moyennes des principaux élémens toutes calculées pour le commencement de chaque année,

Tables du soleil.

(1) *Bossut*, Histoire des Mathématiques, II, 489.

et à donner ensuite les moyens de déduire, pour un autre instant quelconque, les nouvelles valeurs, soit vraies, soit moyennes, de ces élémens. Dans tous ces calculs, la première chose à connaître, c'est la longitude moyenne du soleil et celle de son périgée ou de son apogée pour l'instant qui sert d'origine aux tables. Ces valeurs initiales s'appellent l'*époque des tables astronomiques*. Par le moyen de ces tables, on trouvera donc la position du soleil dans son orbite à un instant quelconque, et on aura la latitude d'un lieu, quelque jour que ce soit, en retranchant de la hauteur du soleil sa distance à l'équateur, s'il est au-dessus de ce cercle, et en l'ajoutant, s'il est au-dessous. Mais afin de multiplier les moyens de déterminer la latitude, les astronomes, après avoir d'abord fixé la position de leur observatoire, ont calculé la distance des principales étoiles à l'équateur, et le tems qui s'écoule entre leurs passages respectifs au méridien donné et celui du point de l'écliptique qui répond à l'équinoxe du printems; ils ont dressé des catalogues qui renferment ces résultats, et avec le secours desquels on peut substituer, dans la recherche de la latitude, les étoiles au soleil. Cependant ce moyen est assez incertain; les meilleures observations de ce genre peuvent être affectées d'une erreur de 4 à 5 minutes (1).

Calcul de la méridienne par les hauteurs du soleil.

Ces observations demandent qu'au préalable on connaisse la position du méridien. L'étoile polaire la marque à peu près dans l'hémisphère boréal de la terre; mais c'est la marche du soleil qui la fait connaître d'une manière universelle et exacte. Supposons le soleil à un des points de solstice; l'astre, dans cette position, reste sensiblement à la même distance de l'équateur, et paraît décrire un cercle parallèle à l'équateur, et dont la partie comprise au-dessus de l'horizon *b c d*, *fig.* 1, est partagée en deux portions égales par le méridien. Sa hauteur est donc précisément la même, lorsqu'on l'observe avant et après son

(1) *Rossel*, Voyage de d'Entrecasteaux, II, 47.

passage au méridien, à des intervalles de tems égaux; de l'autre côté, si l'on prend le matin une hauteur du soleil, et qu'on attende le moment du soir où il reviendra à cette même hauteur, l'heure de son passage au méridien doit nécessairement tenir le milieu entre ces deux instans.

La longueur des ombres a fourni le plus simple moyen d'estimer la hauteur du soleil. On conçoit aisément que cette longueur dépend non-seulement de leur hauteur, mais encore de celle du soleil, par rapport au plan sur lequel elles sont portées. Si, sur ce plan horizontal, on élève une verticale AD, *fig.* 12, le rayon solaire étant dirigé suivant SD, l'ombre tombera en AC, et sa longueur dépendra de l'angle SCA, qui répond évidemment à la hauteur du soleil sur l'horizon. Ainsi lorsque le soleil, après avoir passé dans le méridien, se retrouvera de l'autre côté à la même hauteur dans une direction S'D, l'ombre AB de la verticale AD sera de nouveau égale à l'ombre AC; et si on prend le milieu entre la direction de l'une et de l'autre, en divisant l'angle BAC en deux parties égales, par la droite AN, on connaîtra la méridienne. Si ensuite l'on mesure la longueur du bâton et celle de l'ombre, on pourra connaître la hauteur du soleil par la résolution du triangle rectiligne CAD, qui est rectangle en A, et dans lequel les côtés AD et AC sont connus : on peut donc calculer l'angle ACD qui est la hauteur recherchée. On aura la hauteur méridienne si on mesure la longueur de l'ombre lorsqu'elle tombe dans la direction AN. C'est par ce moyen que les premiers astronomes ont déterminé les hauteurs des astres. Cet instrument grossier se nomme

Gnomon. *gnomon*; mais il est abandonné depuis qu'on a perfectionné les instrumens qui mesurent immédiatement les angles par les arcs de cercle. On emploie même ces derniers à la détermination de la méridienne, en les combinant avec les horloges à pendule dont la marche est très-régulière. Ayant observé le matin une hauteur du soleil, on remarque en même tems l'heure, puis on attend l'instant du soir où cet astre se trouve à cette même hauteur;

et prenant le milieu de l'intervalle, on trouve celui qui s'est écoulé entre le passage du soleil au méridien et l'une des observations.

Si, par exemple, l'horloge a marqué pour la même hauteur, le matin 8 h. 45' 30", et le soir 3 h. 23' 12"; l'intervalle entre ces deux momens est de 6 h. 37' 42", dont la moitié 3 h. 18' 51", ajoutée à l'instant de la première hauteur de 8 h. 45' 30", donne 12 h. 4' 21" pour l'heure que l'horloge a dû marquer à l'instant où le soleil passait dans le méridien.

L'observation de ces *hauteurs correspondantes*, plusieurs fois répétée, sert à régler la pendule et à connaître exactement le moment du passage du soleil au méridien, d'où on peut immédiatement conclure la direction de la ligne méridienne.

On fait usage de l'observation des hauteurs correspondantes dans tout autre tems de l'année que le solstice, en faisant subir au résultat une petite correction pour le changement que la déclinaison du soleil éprouve dans l'intervalle des deux hauteurs, et qui fait varier sa durée. Un grand nombre de circonstances influe sur ces sortes d'observations, et les rend plus ou moins sujettes à l'erreur, surtout lorsqu'on veut les employer à bord d'un navire; il faut en chercher les détails dans les ouvrages qui traitent spécialement de ces matières (1).

Il est encore trois rapports des corps célestes qui, en servant à fixer l'heure vraie et les véritables points nord et sud, concourent à faciliter ou à assurer les opérations par lesquelles on détermine la position des lieux terrestres.

On appelle *angle horaire* d'un astre l'angle que forment au pôle, à l'instant de l'observation, le méridien du lieu de l'observateur et le cercle de déclinaison ou cercle horaire passant par l'astre. Ce dernier cercle n'est autre chose que le méridien de l'astre. L'angle horaire a pour mesure l'arc de l'équateur qui a passé ou qui passera sous

Angle horaire.

(1) *Levêque*, Guide du Navigateur. *Dubourguet*, Traité de Navigation.

le méridien de l'observateur, depuis l'instant de l'observation jusqu'au moment où l'astre se trouve dans ce même méridien.

Azimut. L'*azimut* d'un astre est l'arc de l'horizon compris entre le point du midi et le point dans lequel un cercle vertical, passant par le zénith et par l'astre, coupe l'horizon.

Amplitude. On appelle *amplitude* l'arc de l'horizon compris entre le vrai point d'orient et celui où l'astre se couche. La première s'appelle amplitude *ortive;* la seconde, amplitude *occase.*

Ces trois rapports concourent de plusieurs manières aux déterminations des longitudes et des latitudes; le premier sert à connaître l'heure vraie, par une seule observation de la hauteur du soleil, et à régler les montres marines (1); les deux autres indiquent au navigateur combien la direction de l'aiguille aimantée diffère de la ligne nord et sud; elles apprennent aussi à orienter une carte géographique (2). On a encore fondé, sur ces rapports des corps célestes, diverses méthodes subsidiaires pour calculer par approximation la latitude à laquelle se trouve un vaisseau en mer (3); cependant comme ces méthodes ingénieuses, mais très-sujettes à erreur, ne s'emploient pas en géographie, du moins directement, nous nous dispenserons d'en donner une idée.

Usage des signaux de poudre à canon. A tous ces moyens que l'observation et le calcul des mouvemens célestes fournissent pour déterminer les positions géographiques, on joint aujourd'hui l'usage des signaux de poudre à canon. Sur un lieu fort élevé, pendant une nuit sereine, on fait, à diverses reprises, enflammer en plein air une certaine quantité de poudre; deux observateurs, munis chacun d'une pendule et placés aux lieux dont on veut connaître la différence en longitude, remarquent avec soin l'apparition de ces feux, apparition qui, malgré les distances, est instantanée par

(1) *Rossel*, Voyage de d'*Entrecasteaux*, II, 27 *sqq.* (2) *Puissant*, Traité de Géodésie, p. 300 *sqq.* (3) *Mendoza*, Connaiss. des Temps, 1793, p. 289-302. *Dubourguet*, Traité de Navigation, liv. III, chap. 3, 4.

les deux lieux, grâce à la prodigieuse vitesse de la lumière. La différence de tems entre les deux pendules donnera la différence de longitude cherchée (1).

Terminons ici l'exposé nécessairement aride des méthodes par lesquelles on fixe les longitudes et les latitudes, en faisant observer à ceux de nos lecteurs qui pourraient ne pas trouver ces choses de leur goût, que la connaissance exacte des positions est la base de toute la géographie, et que, sans cette connaissance, les descriptions les plus brillantes n'ont qu'un mérite illusoire.

---

(1) *Puissant*, Géodésie, p. 299. *Zach*, Correspondance, *passim*.

LIVRE VINGT-QUATRIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Des véritables dimensions du Globe, de son aplatissement, et des bases du nouveau Système métrique.

Il ne suffit point à l'active curiosité de l'homme d'avoir démontré que la terre, sa demeure, est un globe roulant dans l'immensité de l'espace; il faut encore que nous connaissions les dimensions exactes de la planète sur laquelle nous nous trouvons placés. En effet, dès qu'on a pu mesurer un arc du méridien céleste, on a dû penser que cet arc, devant répondre à un autre arc de méridien sur la surface de la terre, on n'aurait qu'à mesurer cette dernière courbe pour en conclure la dimension du cercle entier dont elle fait partie, dimension qui répond à la circonférence du globe.

Principes des mesures de la terre.

Nous avons vu combien peu d'accord il y avait entre les résultats apparens des diverses mesures de la terre, entreprises par Eudoxus, Archimède, Possidonius et Eratosthènes (1); nous avons indiqué le moyen de concilier ces mesures en les considérant comme prises en *stades* différens; mais nous n'entreprendrons pas de discuter formellement la question, très-obscure, si ces opérations ont réellement été faites par ceux à qui on les attribue, ou si ce sont les travaux d'un peuple plus ancien, dont les Grecs auraient profité sans même les comprendre parfaitement. Dans notre opinion, tout vrai stade devant être une mesure de distance locale et réelle, et non pas un simple module astronomique (2), il paraît vraisemblable que les évaluations de la circonférence de la terre, faites en stades de 1111 et de 833 au degré,

Mesures des anciens.

(1) Ci-dessus, liv. V, vol. I, p. 90. (2) Ibid. p. 92.

sont dues aux Égyptiens et aux Babyloniens, tandis que celles en stades de 700 et autres peuvent très-bien être l'ouvrage d'Erastothènes, de Possidonius et d'autres astronomes grecs.

Il est à remarquer, dans le Livre précédent, que Possidonius se trompa en considérant comme un arc du méridien terrestre ce qui n'en est pas un, puisque Alexandrie et Rhodes, points qu'il comparait, n'ont point la même longitude. A cette erreur près, le méthode de Possidonius était la vraie. Eratosthènes s'était servi d'un *gnomon* élevé verticalement au centre d'un hémisphère concave (1); il savait qu'à Syène, le soleil, au moment du solstice, ne produisait aucune ombre; il voyait qu'à Alexandrie le gnomon, au même instant, projetait son ombre sur la cinquantième partie d'un cercle; il en conclut la latitude d'Alexandrie, 7 degrés 12' au nord de Syène, qui devait être sous le tropique. Or, ce dernier endroit étant, d'après les modernes, à 24 degrés 5', Alexandrie serait à 31 degrés 17'; ce qui approche beaucoup de la vérité. Quoique faite avec soin, cette observation cependant n'a pu fournir à l'astronome grec une base solide d'une mesure de la terre, puisque les deux points qu'il comparait ne sont pas sous le même méridien. Gnomon d'Eratosthènes.

Les mesures d'un degré, attribuées aux Arabes, ne présentent également que des résultats douteux, et qu'on ne saurait concilier avec la vérité qu'au moyen d'évaluations arbitraires.

Après la renaissance des lettres, les astronomes européens firent beaucoup de tentatives inutiles pour mesurer avec certitude un degré du méridien. En 1617, *Snellius*, après avoir déterminé les arcs célestes compris entre Alkmaer, Leyde et Berg-op-Zoom, par les différences des hauteurs du pôle pour ces trois villes, calcula les distances méridiennes terrestres des trois parallèles au Mesures de Snellius, de Norwood, etc.

(1) *Cléomed.* Meteor. I.

moyen d'une suite de triangles liés entre eux, et qui partaient d'une base mesurée sur le terrain ; il trouva de cette manière que la valeur du degré terrestre était de 55,021 toises. *Norwood*, astronome anglais, mesura avec beaucoup de soin, en 1535, l'arc du méridien qui sépare la ville de Londres de celle d'Yorck ; il trouva le degré de 57,300 toises, quantité fort approchante de la vérité. Cependant, quinze ans après, *Riccioli*, célèbre savant italien, prétendit avoir trouvé, par une mesure faite aux environs de Bologne, que le degré terrestre était de 62,900 toises, c'est-à-dire, près de 6000 toises plus grand qu'il ne l'est en effet.

Mesure de Picard. C'est en appliquant les lunettes aux instrumens par lesquels on mesure les angles, que *Picard*, de l'académie des sciences de Paris, se vit enfin en état de mettre la précision nécessaire dans la nouvelle mesure d'un degré qu'il commença en 1669. Il choisit pour théâtre de ses opérations l'espace compris entre *Sourdon* en Picardie, et *Malvoisine*, sur les confins du Gâtinais et du Hurepoix (1). Pour fixer la distance itinéraire qui sépare ces deux points, situés sous le même méridien, il les lia par une suite de triangles, *fig.* 13 ; il en observa successivement tous les angles, ce qui lui fournit dans chacun un moyen de vérification, puisque la somme des trois angles de tout triangle doit constamment faire 180°. Il n'obtint presque jamais cette somme ; mais les différences qu'il ne put éviter ne s'élevèrent qu'à peu de secondes.

Opérations trigonométriques. La connaissance des angles d'un triangle ne mène qu'aux rapports de ses côtés ; mais dès qu'on a la valeur d'un seul, on trouve celle des autres : Picard mesura donc, avec des soins inconnus jusque-là, une distance de 5663 toises, sur le chemin de Villejuif à Juvisy. Avec cette *base*, représentée par AB dans la figure, et formant un des côtés du triangle ABC, il calcula le côté AC, qui lui servit ensuite à calculer le côté CD dans

(1) *Picard*, Mesure de la Terre, 1671.

le triangle ACD (1), et il s'éleva ainsi de triangle en triangle jusqu'à Sourdon ; ici l'on mesura de nouveau sur le terrain une ligne droite ou *base de vérification* RS. Les lignes LM, JN et IG, vérifiées au moyen de cette base, ne montrèrent qu'une différence d'une à deux toises de la première mesure. On conduisit ensuite de nouveaux triangles à la cathédrale d'Amiens, où se termina l'opération.

Il fallut après cela conclure la longueur de la ligne qui joint ces points, l'orienter par rapport au méridien de Paris, afin d'en déduire la distance dans le sens de ce méridien ; enfin, déterminer avec précision l'amplitude de l'arc mesuré sur ce cercle, c'est-à-dire, combien il contenait de degrés et de parties de degrés, afin d'avoir son rapport avec la circonférence entière.

Opérations astronomiques.

Dans cette seconde partie de son opération, qui dépendait de l'observation des astres, il s'attacha à celle de l'étoile placée dans le genou de la constellation de *Cassiopée*. Il choisit cette étoile, parce que, se trouvant peu éloignée du zénith, elle était moins affectée de la réfraction sur laquelle il y avait, au tems de Picard, beaucoup d'incertitude. Il trouva, par ce moyen, que la différence de latitude entre Malvoisine et Sourdon, près d'Amiens, était de 1° 11' 57" ; qu'elle répondait, dans le sens du méridien, à une distance de 58,430 toises ; et il en conclut que la longueur du degré était de 57,064 toises.

Il trouva aussi, entre la cathédrale d'Amiens et Malvoisine, une différence en latitude de 1° 22' 55", et une distance de 78,850 toises ; ce qui donnait, pour le degré, 57,057 toises : il s'en tint au terme moyen de 57,060 toises.

La circonférence de la terre devant, comme tout cercle,

(1) Exemples abrégés du calcul : Dans les premiers triangles on a connu, par les observations, que CAB = 54° 4' 35" ABC = 95° 6' 55" ACB = 3° 48' 30". On a trouvé, par le mesurage, que AB contenait 5663 toises ; donc le calcul proportionnel donne AC = 11,012 toises 5 p. et ainsi de suite.

Dimensions de la terre. contenir 360 degrés, on trouva, en divisant le degré en vingt parties, nommées *lieues marines*, et formées chacune de 2864 toises, que la terre avait 7200 de ces lieues de tour.

Son diamètre, conclu de sa circonférence, est de 2292 lieues marines, et son rayon ou une droite tirée du centre à la surface, de 1146. En multipliant la circonférence par le diamètre, on trouve que la surface est de 16,502,400 lieues carrées.

Expérience sur le pendule. L'exactitude des opérations de Picard semblait ne plus laisser de doute sur les dimensions de la terre, lorsqu'une expérience, à jamais mémorable, fit entrevoir que la figure de la terre n'était pas parfaitement sphérique, et que par conséquent les degrés n'étaient point égaux; je veux parler de l'observation que fit M. *Richer*, à Cayenne, en 1672. Son horloge à pendule, qui avait été réglée à Paris sur le moyen mouvement du soleil, après avoir été transportée dans l'île de Cayenne, qui n'est éloignée de l'équateur que d'environ 5 degrés, se trouvait retarder de 2 minutes 28 secondes chaque jour. La mesure de la longueur d'un pendule qui, à Cayenne, battait juste les secondes, ayant été marquée sur une verge de fer qui fut apportée en France, on trouva que le pendule de Cayenne était moindre d'une ligne et d'un quart que celui de Paris, qui était de trois pieds 8 lignes $\frac{3}{5}$, ou, plus exactement, 440,57 de ligne.

Cette expérience prouvait que la pesanteur était moindre à Cayenne qu'à Paris; car lorsque le pendule qui règle l'horloge s'écarte, par son mouvement, de la situation verticale, la force qui l'y ramène est la pesanteur; et elle l'y ramène d'autant plus tôt qu'elle est plus grande, et d'autant plus tard qu'elle est plus petite. Le pendule ne permet à l'aiguille de l'horloge de marquer chaque seconde sur le cadran qu'après qu'il a achevé une de ses oscillations, ou qu'après chacune de ses chutes dans la verticale. Ainsi, si l'aiguille marque moins de secondes pendant une révolution des étoiles, le pendule emploie

plus de tems à retomber dans la situation verticale, et la force qui la pousse, la pesanteur, est plus petite.

Cette expérience, dont l'académie des sciences avait pressenti l'importance (1), coïncida parfaitement avec les raisonnemens des géomètres, qui commençaient à regarder la terre comme aplatie vers le pôle ; ce qui expliquerait pourquoi la pesanteur ou la force qui attire vers le centre y est plus grande, attendu que la surface aplatie s'y trouve plus rapprochée du centre.

Huyghens, géomètre hollandais, eut la gloire de deviner cette vérité même avant que l'expérience sur le pendule fût connue. Considérant que les corps qui tournent autour d'un centre ou d'un axe, acquièrent une *force centrifuge* qui tend sans cesse à les éloigner de ce centre ou de cet axe, ainsi qu'on le voit dans la pierre lancée par une fronde, ce savant en conclut que le fluide répandu sur une grande partie de la surface terrestre, devant obéir à cette force en même tems qu'à la pesanteur dirigée vers le centre de la terre, ne pouvait affecter une forme parfaitement sphérique. Il pensa donc que la terre devait être aplatie vers les pôles, en sorte que l'axe de rotation fût plus court que les diamètres de l'équateur, de $\frac{1}{578}$; ce qui répond à environ quatre lieues marines. Cette conséquence, tirée de la force centrifuge par Huyghens, peut être rendue sensible aux yeux en faisant tourner rapidement autour d'un axe une vessie mouillée, qui prend alors la forme d'un sphéroïde aplati aux extrémités contiguës à cet axe. Théorie de *Huyghens*.

L'immortel *Newton*, que ses profondes méditations sur les lois découvertes par Kepler, dans le mouvement des planètes, avaient conduit à la découverte de la gravitation universelle, ne regardait plus la pesanteur à la surface de la terre comme une force constante, dirigée partout vers le centre de notre globe, mais comme le résultat de l'attraction réciproque qu'exercent les unes sur les autres Théorie de *Newton*.

(1) *Lalande*, Abrégé d'Astronomie, art. 742 et 805.

toutes les molécules de la terre; il trouvait que cette force variait un peu en intensité et en direction, lorsqu'on ne supposait plus la terre sphérique. Si la figure de la terre dépendait de la pesanteur, la pesanteur elle-même se réglait d'après la figure qu'avait la terre; cette force accélératrice devait, quant aux corps terrestres, être perpendiculaire à la surface et proportionnée aux distances; la terre ayant une fois pris la figure aplatie, cette seule figure, indépendamment de la force centrifuge, devait rendre la pesanteur plus petite sous l'équateur que sous les pôles. Calculant d'après ce principe, et supposant la terre homogène dans toutes ses parties, Newton trouva que l'applatissement devait être de $\frac{1}{230}$, ou de 10 lieues marines (1).

Recherches de Maclaurin, Clairaut, etc.

Ces conclusions, différentes relativement à la quantité du résultat, mais d'accord entre elles sur l'altération que la figure de la terre a dû recevoir de la force centrifuge, ont été développées par des calculs subtils et profonds, dont les résultats seuls peuvent être indiqués ici (2). Il a été démontré que la terre ne saurait être une masse homogène, mais qu'elle doit augmenter en densité à mesure qu'on approche du centre, et que, dans tous les cas, une figure elliptique satisfait aux lois de l'équilibre des fluides.

En même tems, la théorie de la diminution de la pesanteur vers la ligne équinoxiale a été généralement confirmée par un grand nombre d'observations sur le pendule, faites depuis la Laponie jusqu'au cap de Bonne-Espérance (3). Comparées entre elles, ces observations ont offert un assez grand accord, et ont conduit à supposer l'aplatissement du globe d'une 332e ou d'une 336e partie de l'axe (4). Cependant cet accord, et le résultat qu'on en tire,

(1) *Newton*, Principia, l. III, prop. 19. (2) *Clairaut*, Théorie de la Figure de la Terre. *Maclaurin*, Mémoire sur le Flux et Reflux. *D'Alembert*, Recherches sur le Système du Monde, etc., etc. (3) *Dubourguet*, Traité de Navigation, note 1, p. 290 et 291, et l'*Histoire de l'Académie des Sciences*, *passim*. (4) *Laplace*, Système du Monde, p. 250. *Svanberg*, Exposition de la Mesure d'un Degré.

seraient illusoires si la densité de la terre variait d'une manière irrégulière (1).

La théorie de l'aplatissement pouvait encore être vérifiée par des mesures prises sur le globe terrestre; car il en résultait que les degrés de latitude n'étaient pas égaux dans toute l'étendue du méridien, mais qu'on devait les trouver plus grands, ou contenant plus de mesures itinéraires dans la partie aplatie du méridien, c'est-à-dire, vers les pôles, et moindres dans la partie la plus convexe de ce même méridien, c'est-à-dire, vers l'équateur. Ces conséquences, qui découlent des premières notions de la géométrie élémentaire, ont cependant été un instant méconnues par des hommes d'un grand mérite, tels que les Cassini et d'Anville. Il paraît donc utile d'en rappeler en peu de mots la démonstration.

Inégalité des degrés sur le sphéroïde aplati.

On appelle degré du méridien la portion A*a*, fig. 14, de cette courbe, lorsque les rayons CA et *ca*, qui interceptent cette partie de l'arc, font entre eux un angle AC*a* d'un 360e du cercle. En partant de cette définition, il est facile de s'apercevoir que ce n'est que lorsque la courbe FG est un cercle, que les rayons CA et *ca*, perpendiculaires à ses tangentes, se rencontreront toujours à la même distance de la courbe, le même angle répondra au même arc, et que dans ce cas les degrés auront, dans toute l'étendue de la courbe, la même longueur. Mais il n'en est pas ainsi pour les courbes dont la courbure n'est pas uniforme. Dans l'ellipse, par exemple, si on prend deux arcs de même longueur, comme M*m* et N*n*, *fig.* 15, l'un dans la partie la plus convexe, l'autre dans celle qui est plus aplatie, les perpendiculaires MC et *m*C, menées aux extrémités du premier arc, se rencontreront plus près de cet arc que les perpendiculaires N*c*, *nc*, menées aux extrémités de l'arc plus aplati N*n*. L'angle N*cn* est donc visiblement moindre que l'angle MC*m*; et par conséquent, si ce dernier est d'un degré, l'arc N*n*, égal en longueur à M*m*,

(1) M. *de Lindenau*, Examen de l'emploi des Mesures de la Terre. *Zach*, Correspondance, XIV, 122-125.

ne répond pas à un degré. Il faut nécessairement, pour obtenir cet angle dans la partie NP de la courbe, embrasser un espace plus grand que M*m*. Donc il faut que les degrés terrestres soient plus grands dans la partie aplatie du globe, si l'on veut qu'ils répondent aux degrés célestes qui sont tous égaux, n'étant point des arcs réels, mais seulement des distances angulaires.

On peut encore raisonner de la manière suivante. Le point de rencontre de deux verticales est le centre de l'arc terrestre qu'elles comprennent entre elles; si cet arc était une ligne droite, ces verticales seraient parallèles ou ne se rencontreraient qu'à une distance infinie. Plus, au contraire, l'arc a de courbure, plus les verticales ont de convergence; donc elles se rencontrent à une moindre distance. Ainsi, la partie d'une ellipse voisine de son grand arc étant la plus courbe, les verticales qui y sont perpendiculaires se rencontreront à peu de distance; le rayon de l'arc intercepté entre elles sera plus court, par conséquent l'arc lui-même aura moins de longueur absolue. Au contraire, dans le voisinage du petit arc, les verticales se rencontrant à une plus grande distance, donnent aux arcs interceptés un rayon plus long; par conséquent les arcs ont plus de longueur.

Paralogisme à ce sujet. Faute d'être remonté à ces notions, on avait, au commencement du siècle dernier, conclu le contraire, parce qu'on supposait que les degrés étaient déterminés par les angles MO*m*, NO*n*, formés par des lignes tirées au centre de l'ellipse EPQ*p*; mais cette hypothèse n'était pas conforme aux principes de l'opération, car les lignes OM et O*m*, ON et O*n*, n'étant pas perpendiculaires à la courbe, diffèrent entièrement, soit en grandeur, soit en direction, des verticales, auxquelles on rapporte les points de l'arc céleste.

Les mesures de Cassini ayant d'abord paru indiquer une diminution des degrés du midi au nord, plusieurs savans français soutinrent, au moyen du paralogisme qu'on vient de signaler, que cette diminution était une

preuve de l'aplatissement aux pôles ; les géomètres démontrèrent que ce serait plutôt la preuve du contraire. On reconnut l'erreur de principe, et elle n'a été renouvelée depuis que par des personnes absolument étrangères à la géométrie (1). Mais les Cassini et d'Anville, en tirant de la prétendue diminution des degrés vers le nord la conclusion qu'on devait en tirer, affirmèrent que la terre était allongée dans le sens des pôles, ou, en d'autres mots, que l'ellipsoïde terrestre faisait sa rotation autour de son grand axe ; ce qui était contraire à la théorie de la gravitation et à l'équilibre des fluides.

Mesures de Laponie et du Pérou.

La terre resta en France, pendant quarante ans, un sphéroïde allongé aux pôles (2). Mais l'illustre académie des sciences ne désespéra point des théories établies par les calculs les plus sublimes. Deux commissions, prises dans son sein, furent envoyées, l'une, en 1736, au Pérou, et l'autre, en 1737, au cercle polaire, pour mesurer les degrés du méridien dans le voisinage de l'équateur et auprès du pôle. Les résultats obtenus par chaque commission, comparés, soit entre eux, soit au degré mesuré en France par Picard, sans s'accorder parfaitement sur la quantité de l'aplatissement de la terre aux pôles, le mirent pleinement hors de doute (3). Le degré mesuré au cercle polaire surpassa celui de l'équateur de 669 toises ; et celui de France, plus petit que celui du cercle polaire, surpassa encore celui de l'équateur de 307 toises.

Les Cassini eux-mêmes, après avoir vérifié leurs mesures, vinrent, avec une noble franchise, déclarer qu'il s'était glissé de légères erreurs dans leur travail, et que les degrés de France, pris dans leur totalité, concouraient à confirmer l'aplatissement du globe vers les pôles (4).

---

(1) *Bernardin de Saint-Pierre*, Etudes de la Nature, etc., etc.

(2) *Bossut*, Histoire des Mathématiques, II, 273. (3) *Bouguer*, Figure de la Terre. *Maupertuis*, Elémens de Géographie, etc., etc.

(4) *Cassini* et *de Thury*, Méridienne de l'Observatoire royal, vérifiée, 1944.

Diverses mesures.

Il ne suffisait point à l'audace des géomètres d'avoir fixé d'une manière générale la figure de notre globe ; ils voulurent encore découvrir l'exacte quantité de cet aplatissement dont tant de travaux venaient de constater la réalité. Mais, dans cette recherche, plus les matériaux s'accumulaient, et plus la discussion en devenait difficile. Les degrés, successivement mesurés dans diverses parties du monde, indiquaient des quantités très-différentes pour l'aplatissement. C'est ce qu'a démontré avec beaucoup de clarté un géomètre italien, en comparant les douze meilleures mesures que l'on connût il y a un demi-siècle (1). Voici d'abord les résultats de ces mesures, avec les noms des astronomes à qui on les doit :

Noms des pays.	*Latitude d'où l'on est parti.*		*Valeur du degré mesuré.*	*Noms des observateurs.*
Pérou.	o d.	o m.	56,753 tois.	*Bouguer*, *la Condamine*, etc.
Cap de B.-Espér.	33	18	57,107	*Lacaille.*
Pensylvanie. . . .	39	12	56,888	*Mason* et *Dixon.*
Etat de l'Eglise. .	43	1	56,979	*Boscovich* et *Maire.*
France.	43	31	57,048	*Cassini* et *Lacaille.*
Piémont.	44	44	57,137	*Beccaria.*
France.	45	45	57,050	*Cassini* et *Lacaille.*
Hongrie.	45	57	56,881	*Liesganig.*
Autriche.	48	43	57,086	Idem.
France.	49	23	57,074	*Picard* et *Cassini.*
Hollande.	52	4	57,145	*De Thury* et *G. Cassini.*
Laponie.	66	20	57,405	*Maupertuis*, etc.

En essayant de calculer une courbe régulière d'après la théorie de Newton, dans laquelle ces douze degrés pourraient entrer, *Frisi* les trouve tous ou trop grands ou trop petits ; les erreurs qu'on serait obligé de supposer dans les mesures, pour les plier dans une ellipse régulière, dont le petit axe serait au grand comme 230 à 231, s'élè-

(1) *Pauli Frisi* Cosmographia, tom. II, chap. *de figurâ planet.* comp. *id. opera omnia*, t. III, p. 123 *sqq.*

vent à plus de 100 toises par degré, et même, pour le degré de Hongrie, à plus de 200.

Le savant italien essaie encore de découvrir, par des combinaisons binaires et décimales multipliées, un terme moyen entre les divers aplatissemens indiqués par les mesures; mais comme il n'a pu faire précéder ces combinaisons par une critique sévère de l'exactitude de chaque mesure, nous ne citerons aucuns de ses résultats; nous aimons mieux remarquer qu'en choisissant, parmi ses combinaisons binaires, les six les plus propres à inspirer de la confiance, on trouve pour terme moyen un aplatissement presque identique avec celui que donnent et les observations du pendule et les dernières mesures françaises. Voici cette comparaison.

Comparaison de ces mesures par Frisi.

La différence des axes ou la valeur absolue de l'aplatissement étant prise pour unité, le premier degré, combiné avec le troisième, donne, pour le grand axe de la terre, 505 parties semblables; avec le quatrième, 353; avec le septième, 292,3; avec le neuvième, 290,4; avec le dixième, 307,4, et avec le onzième, 270. Donc, terme moyen de l'aplatissement $\frac{1}{336}$.

L'impossibilité reconnue de plier dans une même courbe régulière les divers degrés mesurés, fit naître diverses opinions parmi les savans. On commença par condamner l'opération de M. de Maupertuis en Laponie, comme peu sûre, soit à cause de la négligence qu'on y avait apportée, soit parce que l'arc mesuré avait trop peu d'étendue, soit enfin en considérant les incertitudes de ce savant lui-même sur les résultats de ses mesures (1). On eût dû juger avec la même rigueur la mesure du P. Liesganig, exécutée avec des instrumens fort inexacts, et dans laquelle il est aujourd'hui démontré (2) qu'il se trouve une confusion de deux étoiles éloignées de 9 degrés,

Erreurs dans ces mesures.

(1) Il donne au degré, dans sa *Figure de la Terre*, 57,405, et dans les *Elémens de Géographie*, 57,438. (2) *Zach*, Correspondance astronomique, VIII, 507 et suiv.

et d'autres erreurs constantes de 10 à 12 secondes, répondant à 150 toises; mesure qui par conséquent ne mérite pas d'être prise en considération. Ignorant ce résultat d'un examen critique des papiers du P. Liesganig, on voit encore aujourd'hui d'excellens géomètres se donner la peine inutile de faire accorder l'irrégularité des degrés d'Autriche et de Hongrie avec la théorie générale (1).

Les mesures que l'on pouvait comparer avec sûreté n'embrassaient qu'une portion du globe peu étendue. Ni *Frisi* ni les autres savans qui ont écrit sur cette matière, n'ont connu le degré mesuré en l'an 1702, à la Chine, sous la latitude de 40 degrés, par le P. Thomas; degré dont la valeur paraît avoir été trouvée de 56,987.899 toises; ce qui, en supposant l'aplatissement de $\frac{1}{334}$, différerait seulement de 23,983 toises en plus de la valeur présumée. Au surplus, cette mesure étant susceptible de plusieurs interprétations, il n'y a peut-être pas eu d'inconvénient à la négliger (2).

Mesure faite à la Chine.

Quelques personnes ont été tentées de douter de la possibilité de mesurer un degré du méridien avec une exactitude parfaite. Les erreurs inséparables de la nature des instrumens employés alors, pouvaient s'élever à 3 ou 4 secondes pour l'arc céleste, ou 60 toises pour le degré terrestre (3). *L'attraction des montagnes*, qui dérangeait le fil à plomb par lequel on détermine la *verticale*, excitait surtout les doutes les plus inquiétans. Cet effet de la gravitation, en devenant une preuve sensible de la théorie générale de Newton, pouvait déranger les mesures faites d'ailleurs avec le plus grand soin, puisqu'une déviation du fil vertical, de quinze secondes seulement aux deux extrémités de l'arc mesuré, produirait une erreur de 500 toises, c'est-à-dire, d'une quantité plus grande

Erreurs causées par l'attraction.

(1) *Dubourguet*, Traité de Navig. p. 283, 308, etc. (2) *Hallerstein*, Observ. astr. Pekini Sinarum factæ, p. 363. Vindob. 1768. *Comp. Zach*, Correspondance astronom., I, 248-251. *Ibid.*, 589-594. (3) *D'Alembert*, dans l'Encyclopédie, au mot *Figure de la Terre. Bouguer*, Fig. de la Terre, sect. 1, § 4, etc.

que la différence présumée des deux degrés extrêmes sous l'équateur et sous le pôle. Or, Newton avait calculé cette attraction de 2 minutes pour une montagne haute de 3 milles anglais, et large de 6. Ce calcul, il est vrai, a paru beaucoup trop fort. Par les observations que Bouguer et la Condamine firent avec grand soin en 1737, au Pérou, près de la montagne de Chimborasso, le fil à plomb était détourné de 7 secondes $\frac{5}{10}$ par la force attractive de cette montagne, qui, d'après la théorie de Newton, aurait dû avoir un effet treize fois plus grand; la nature des rochers volcaniques de cette montagne rend l'expérience incertaine (1). On a éprouvé de semblables effets dans les Pyrénées, dans les Alpes, dans l'Apennin et en Ecosse, où M. *Maskelyne* a répété ces observations avec une précision extrême, et a trouvé un résultat plus approchant de la théorie de Newton (2). Il est très-possible que cette attraction ait pu influer sur les mesures prises par Lacaille, puisque cet astronome, d'ailleurs savant, ne fit aucune expérience pour déterminer l'effet des montagnes de l'Afrique australe sur le fil à plomb dont il se servait.

Enfin une idée simple et décisive vint s'offrir à quelques esprits supérieurs que fatiguait l'interminable dispute sur l'aplatissement du globe. On pensa que *la courbure du sphéroïde terrestre pourrait bien être sujette à quelques légères irrégularités*. Pourquoi la nature, qui n'aime point les figures géométriques, aurait-elle fait de la terre un ellipsoïde exactement régulier? C'est *Buffon* qui, un des premiers, a proposé cette opinion (3); *la Condamine* semble y être assez favorable (4), et *Maupertuis*, qui l'avait d'abord hautement rejetée, finit par trouver la chose douteuse (5). *Lacaille*, dont les mesures ne s'accordaient avec aucune autre, pencha naturellement pour une explication qui justifiait son travail. Cependant la plupart des savans repoussèrent encore cette

Opinion sur l'irrégularité des méridiens.

(1) *Bouguer*, Fig. de la Terre, p. 389. (2) Philosophical Transactions, 1775, p. 500. (3) *Histoire naturelle*, tom. 1, p. 165. (4) *Rapport sur les Mesures du Pérou*, p. 262. (5) *Lettres physiques*.

opinion, faiblement soutenue par ceux qui l'avaient [illegible]cée.

Une tentative plus sérieuse, pour maintenir l'ellipsoïde [illegible]gulier, resta inconnue aux savans français; c'était celle que fit M. *Klügel*, géomètre allemand, pour démontrer que tous les degrés mesurés d'une manière authentique, même celui de Lacaille, pouvaient entrer dans une ellipse régulière, pourvu seulement qu'on supposât une petite différence entre le *petit axe primitif* de l'ellipsoïde terrestre Pp, *fig.* 16, et *l'axe actuel de rotation* $\Pi\ \pi$; d'où il résulterait, par exemple, que le cap de Bonne-Espérance a pu se trouver originairement à une moindre distance du pôle sud, ou, pour parler plus précisément, que l'extrémité australe du petit axe de rotation, par rapport à l'équateur. Donc le degré austral ab, quoique plus éloigné du pôle de rotation π que le degré boréal cd ne l'est du pôle Π, se trouverait néanmoins dans la même situation par rapport au véritable petit axe de l'ellipsoïde Pp, et aurait par conséquent la même valeur absolue, malgré la différence de latitude (1). On sent tous les bouleversemens qu'entraînerait cette hypothèse, si elle était admise; on voit que le grand axe du globe ne se trouverait plus exactement dans le plan de l'équateur; on se demande surtout s'il est possible, d'après les lois de l'hydrostatique, que l'ellipsoïde terrestre fasse sa révolution autour d'un axe différent de son petit axe réel? Mais, quelles que soient les objections qu'on puisse faire à M. Klügel, son hypothèse paraît si ingénieuse, et serait si féconde en résultats intéressans pour la géographie physique, que nous avons cru devoir en donner une idée.

Telles étaient les incertitudes des géomètres et des astronomes sur la figure de la terre, lorsqu'un projet

(1) *Klügel*, Dimensions de la Terre, etc., dans les *Collections astronomiques de Berlin*, III, 154-169.

politique donna occasion à une nouvelle mesure de l'arc du méridien qui traverse la France, en passant par la capitale. La convention nationale avait ordonné la fixation d'un système de poids et de mesures uniforme et stable. Les savans proposèrent de prendre la base de ce système dans la nature elle-même, et de regarder comme *unité primitive* du mètre, *la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre*, c'est-à-dire, de l'espace de l'équateur au pôle. Une métrologie fondée sur une telle base, disait-on, appartiendra à toutes les nations, à tous les siècles. Mais comment connaître précisément la longueur d'un quart du méridien? On pouvait la conclure des mesures anciennes; mais, d'un côté, elles se contredisaient; de l'autre, on crut donner plus d'authenticité au nouveau système métrologique, en l'appuyant sur des opérations conduites avec une précision jusqu'alors inconnue, et dirigées par les astronomes les plus habiles. *Delambre* et *Méchain* furent chargés de mesurer l'arc du méridien intercepté par les parallèles de Dunkerque et Barcelonne. Ces deux célèbres géomètres ont mesuré les angles de 90 triangles avec les nouveaux cercles répétiteurs que *Borda* a fait construire; ils ont observé, avec ces mêmes instrumens, 5 latitudes à Dunkerque, Paris, Evaux, Carcassonne et Barcelonne. Les deux *bases*, près de Melun et Perpignan, ont été mesurées avec des règles de platine et de cuivre; elles se sont trouvées correspondre, *à quelques pouces près*, aux mesures calculées. Des soins minutieux ont prévenu ou rectifié jusqu'aux moindres erreurs. L'élite des géomètres français, réunis à un grand nombre de commissaires venus des pays étrangers, a vérifié et sanctionné tous les calculs. Il n'est donc plus permis de révoquer en doute les résultats de cette grande entreprise, qui a été commencée en 1792, et terminée, quant aux mesures, en 1798. Mesure de Delambre, Méchain, Biot, etc.

Il a été prouvé que les degrés du méridien diminuent vers le midi, et croissent vers le nord. Mais ces accroissemens des degrés terrestres ne suivent pas une progres- Résultat.

sion régulière et constante. Donc un méridien quelconque peut ne pas être une ellipse régulière; il est probable que la terre elle-même n'est pas un *solide de révolution*, c'est-à-dire, circonscrit par la révolution d'une même ellipse autour de son centre. Toutefois ces irrégularités, qui paraissent extrêmement petites en comparaison de la masse de la terre, peuvent sans inconvénient être négligées.

Quantité de l'aplatissement.

Le méridien de France, que MM. *Biot* et *Arago* viennent de prolonger, par un travail des plus pénibles, jusqu'aux îles d'Iviça et de Fromentera (1), donne, si on le considère en lui-même (2), un aplatissement de $\frac{1}{150}$; mais, en le comparant avec le degré du Pérou, il donnerait $\frac{1}{334}$.

Accord avec les phénomènes célestes.

Ce dernier résultat, adopté par la commission pour les mesures, coïncide avec celui qu'on a trouvé par les observations sur la longueur du pendule. Il s'accorde encore avec plusieurs phénomènes célestes dont la cause est dans la non-sphéricité de la terre. En effet, cette planète, étant renflée aux environs de son équateur, éprouve de la part du soleil et de la lune, dans cette partie, une somme d'attractions plus considérable que vers les pôles; et comme le plan de l'équateur est incliné par rapport à ceux de l'écliptique et de l'orbite lunaire, ce surcroît d'attraction imprime à l'axe un mouvement progressif qui fait rétrograder les points équinoxiaux, et un mouvement alternatif par lequel il oscille autour de la position qu'il aurait en vertu du premier mouvement; celui-ci s'appelle *précession des équinoxes*, et l'autre, *nutation*. Un célèbre astronome allemand, M. *Burg*, ayant calculé, sur la demande de M. de Laplace (3), les causes de ces perturbations et l'influence que pourrait y avoir l'aplatissement de la terre, a trouvé celui-ci de $\frac{1}{305}$.

(1) *Biot*, Notice sur les Opérations faites en Espagne. Mercure, janvier 1810. (2) *Laplace*, Système du Monde, p. 62. (3) *Laplace*, Système du Monde, 218.

Le degré mesuré au cercle polaire par les académiciens français, en 1737, était celui de tous qui s'écartait le plus du résultat général de toutes les autres données. Nous avons déjà dit qu'on avait soupçonné des erreurs considérables dans l'opération ; c'est ce qui vient d'être démontré. M. *Mélanderhielm*, savant astronome suédois, entreprit de faire mesurer de nouveau ce degré par M. *Svanberg*, un de ses élèves, en faisant usage du cercle répétiteur et de tous les moyens délicats de la géodésie moderne. Les académiciens français n'avaient mesuré qu'un arc de 57", et M. *Svanberg* poussa l'opération jusqu'à 1° 37'. D'après le résultat définitif de cette mesure (1), le degré du méridien se trouve de 57,209 toises à 66° 20' de latitude, ou plus court de 196 toises que ne l'avait donné la mesure de 1737. Ce degré, comparé avec celui de France, donne $\frac{1}{307}$ pour l'aplatissement, et avec celui du Pérou $\frac{1}{324}$. On peut encore, par diverses hypothèses, combiner cette mesure avec un aplatissement de $\frac{1}{330}$. Ainsi, elle n'offre aucune différence essentielle avec le résultat adopté par les géomètres français.

Nouvelle mesure des astronomes suédois.

Accord avec la mesure française.

Les planètes mêmes, éloignées de nous de plusieurs millions de lieues, ont concouru à fixer nos idées sur l'aplatissement du sphéroïde terrestre. Cette altération de la figure sphérique, comme résultat de la rotation d'un corps céleste sur lui-même, se manifeste encore dans la planète de Jupiter, où elle est assez sensible pour qu'on aperçoive dans les lunettes la différence des deux diamètres du disque, qui est presque de $\frac{1}{10}$; et quand on compare la mesure exacte de cet aplatissement, les dimensions de Jupiter et la durée de sa rotation, avec celles de la terre, on trouve pour cette dernière planète (2) un aplatissement proportionnel de $\frac{1}{338}$; ce qui coïncide encore avec le résultat de la grande mesure française.

Aplatissement de Jupiter.

Nous ne dissimulerons point que cet accord, qui parais-

Mesures anglaises.

(1) *Svanberg*, Exposition des opérations faites en Laponie. Stockholm, 1805, p. 164-192. (2) *Laplace*, Système du Monde, 253.

Doutes. sait devoir être universel, a été troublé par quelques doutes nouveaux. Les deux mesures des Indes orientales, l'une par *Burrow*, sous le tropique, l'autre par *Lambdon*, à 12 degrés de latitude nord, ont à la vérité donné des résultats qui se combinent passablement bien avec ceux des mesures françaises, quoiqu'ils soient encore plus favorables à la théorie de Newton (1). Mais la mesure de trois degrés, faite en Angleterre par le major Mudge (2), donne, en ne la considérant qu'en elle-même, un aplatissement *sous l'équateur* de $\frac{1}{55}$. Ce résultat singulier semble prouver décidément que la figure sphéroïdique de la terre est sujette à des irrégularités que des mesures multipliées pourront seules déterminer (3).

Conclusions géographiques. On peut donc considérer la quantité de l'aplatissement de la terre comme suffisamment connue pour les besoins de la géographie. Il y a même encore peu de géographes qui, dans la construction des cartes tracées sur une petite échelle, aient eu égard à l'aplatissement ou à l'ellipticité de la terre. Maupertuis, Murdoch et d'autres ont, à la vérité, calculé des tables qui indiquent l'accroissement des degrés de longitude sur un sphéroïde elliptique (4). Le géographe Bonne démontra à Rizzi-Zannoni (5), que dans sa grande carte d'Europe celui-ci eût dû faire sentir l'effet de l'ellipticité qu'on présumait alors de $\frac{1}{178}$. Mais les mesures et les calculs ont aujourd'hui changé un des élémens de cette question. L'aplatissement de la terre, réduit à $\frac{1}{334}$ du diamètre de l'équateur, ne produisant entre ce diamètre et l'axe qui passe par les pôles, qu'une différence d'environ 7 lieues, ne donnerait pour un sphéroïde dont le grand axe aurait 3 pieds, qu'une différence de 1 ligne $\frac{1}{3}$, quantité qu'il serait très-difficile

(1) *Zach*, Correspond., XII, 488-493. (2) Philosoph. transact., 1803, part. II, p. 383. Comp. *Lindenau*, dans *Zach*, Corresp. XIV, 137 *sqq*. (3) *Laplace*, Mécanique céleste, II, 144. (4) *Maupertuis*, Elémens de Géograph. Comp. Mém. de l'Acad. des Sciences, 1741, p. 466.

(5) Réfutation d'un ouvrage de *M. Rizzi-Zannoni*, intitulé : Dissertation sur différens points de géographie, par M. *Bonne*, ouvr. rare, communiqué par M. de *Lalande* à M. de *Zach*, Corresp. ast., I, 186.

d'observer avec précision dans la construction des globes. On peut donc continuer à les faire parfaitement sphériques. Dans la topographie et dans l'hydrographie spéciale, l'effet de l'aplatissement devient sensible, non-seulement sur les degrés de latitude, mais aussi sur ceux de longitude ; il est du devoir d'un géographe soigneux d'y faire attention, en se conformant aux méthodes que plusieurs ouvrages récens donnent pour exprimer ces différences (1). Les tables annexées à ce volume donnent des détails assez étendus sur la valeur absolue de chaque degré de longitude et de latitude, ainsi que sur la comparaison du nouveau système métrique avec les anciennes mesures. Toutefois, nous ne devons point terminer ce précis historique sur les recherches relatives à la figure du globe, sans mettre immédiatement sous les yeux du lecteur les principaux résultats de la grande mesure française ; les voici :

Bases de la nouvelle Métrologie.

	en mètres.	en pieds de France.
Le quart du méridien. .	10,000,000 . .	30784440
Le degré décimal	100,000 . .	307844,4
Le myriamètre	10,000 . .	30784,44
Le kilomètre (2).	1,000 . .	3078,444
L'hectomètre	100 . .	387,8444
Le décamètre	10 . .	30,78444
Le mètre	1 . .	3,078444

Nouvelles divisions astronomiques.

Le quart du méridien terrestre . . . . 100°
Le degré. . . . . 100'
La minute ou prime . . . . 100"
La seconde . . . . 100'''

Rapport avec les anciennes mesures astronomiques.

1 degré centésimal vaut . . . . 54'
1 minute . . . . 32"4
1 seconde. . . . . 0" 324

(1) *Puissant*, Traité de Géodésie. p. 125 et suiv. *Dubourguet*, Traité de Navigation, etc. (2) Le nom adopté est *kilomètre* : mais c'est un barbarisme ; on devrait dire *kiliomètre*.

Dimensions du globe.

	en mètres.	en toises.
Rayon de l'équateur ou demi-grand axe de l'ellipsoïde terrestre	6,375,750 . .	3,271,226
Rayon du centre au pôle ou demi-petit axe.	6,356,662 . .	3,261,432
L'aplatissement aux pôles ou excès du rayon équatorial sur le rayon polaire . . .	19,088 . .	9,794
Rayon de la terre, supposée sphérique	6,366,206 . .	3,266,329
Circonférence de l'ellipsoïde sous le méridien de Paris.	39,999,867 .	20,522,960
Circonférence sous l'équateur	40,059,948 .	20,553,717

Principaux degrés.

	en mètres.	en toises.
Ancien degré de latitude sous l'équateur	110,614 . .	56,753
Ancien degré de latitude à 45° latitude N	111,117 . .	57,011
Ancien degré de latitude sous le pôle	111,612 . .	57,264
Nouveau degré de latitude sous l'équateur.	99,552 . .	51,078
Nouveau degré de latitude à 50° N. (nouv. mes.) . . .	100,006 . .	51,310
Nouveau degré de latitude sous le pôle	100,449 . .	51,538

	Sur une sphère.	Sur un sphéroïde aplati de $\frac{1}{334}$.
Nouveau degré de longitude à 0° latitude	100,000 m.	100,149 m.
Id., à 50° lat. N. (nouv. div.).	70,711 . .	70,922
Idem, à 99° latitude.	1,571 . .	1,577

La petite valeur de ces différences, par lesquelles notre ellipsoïde terrestre se distingue d'un globe parfait, donne une haute idée de l'exactitude et de la subtilité des méthodes actuellement employées par nos astronomes et nos géomètres. Quelle finesse dans les instrumens et quelle rigueur dans les calculs n'a-t-il pas fallu pour que l'homme connût avec la dernière certitude, à quelques dizaines de toises près, les dimensions de ce vaste globe, en comparaison duquel notre corps n'est qu'un atome! Qu'on n'attribue pas du moins cette découverte aux anciens! S'il y a eu des érudits qui ont prétendu voir clairement dans quelques phrases vagues des anciens une notion de l'aplatissement aux pôles (1), il s'en est heureusement trouvé d'autres qui y ont aperçu l'idée de l'aplatisssement sous l'équateur (2); ces deux opinions opposées se détruisent donc l'une l'autre. La pensée même d'une ellipticité du globe terrestre ne pouvait naître que d'une idée claire sur la gravitation universelle. Il était donc réservé au génie de la géométrie moderne d'entraîner l'esprit humain dans cette subtile et audacieuse recherche.

Si les anciens ont connu l'aplatissement du globe.

(1) *Freret*, Mém. de l'Acad. des Inscriptions, tom. XVIII, p. 112.
(2) *Burnet*, Theoria telluris sacra, p. 26, 136, 137.

LIVRE VINGT-CINQUIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Des globes terrestres, de leur construction et de leurs principaux usages (1).

Pour bien fixer dans l'esprit les diverses connaissances qui forment la géographie, il a fallu avoir sous les yeux une image raccourcie de notre terre et de ses parties. La plus simple de ces représentations est le *globe terrestre artificiel;* c'est le relief de la terre en petit avec ses mers, ses continens et ses îles. On y indique aussi les montagnes, rivières et villes principales. Tous ces points ont sur le globe artificiel leur *véritable position;* ils sont représentés, dans leur ensemble et entre eux, comme ils se trouvent sur la terre même, d'après les observations astronomiques et les mesures géodésiques. Aucune carte géographique ne peut donner que des vues perspectives d'une partie du globe, dans lesquelles il entre toujours plus ou moins d'erreurs de convention.

Description du globe artificiel.

Nous retrouvons sur le globe artificiel l'image matérielle de ces cercles mathématiques qui, dans le livre XXIII, nous ont servi à concevoir les divers rapports de la terre avec les astres, et des lieux terrestres entre eux. Ainsi, sur la surface même du globe, on doit trouver indiqués l'équateur terrestre, les tropiques, les cercles polaires; ensuite, par des lignes moins fortes, les autres parallèles à l'équateur, de 5 en 5, ou de 10 en 10 degrés, selon la grosseur du globe. On voit de même les méridiens indiqués de 5 en 5 ou de 10 en 10; ils sont numérotés à leur

(1) *Bion*, Usage des Globes, 1718. *Scheibel*, Instruction sur l'usage des Globes artificiels (en allemand), 1779 et 1785.

point d'intersection avec l'équateur. Les parallèles à l'équateur sont également numérotés à l'endroit où ils coupent celui des méridiens qu'on aura choisi pour le premier. L'écliptique est également marquée sur les bons globes.

Les pôles sont indiqués par deux poinçons, sur l'axe desquels le globe tourne. Ces deux poinçons sont fixement unis à un cercle de métal qui entoure le globe d'un pôle à l'autre, de sorte qu'en tournant le globe, chaque endroit terrestre passe sous ce cercle. Il sert donc de *méridien général*, et c'est ainsi qu'on l'appelle. Les degrés de latitude, et même, sur les grands globes, les minutes et secondes, se trouvent sur le méridien général.

Les supports ou les pieds de toute la machine soutiennent une bande circulaire en métal ou en bois; elle coupe le globe, quelque position qu'on donne à celui-ci, en deux hémisphères, l'un supérieur, l'autre inférieur; elle représente ainsi l'*horizon* rationnel. Cet horizon artificiel a plusieurs cercles tracés sur sa surface; le plus intérieur marque le nombre de degrés des douze signes du zodiaque; on y lit les noms de ces signes et les jours du mois. Un autre cercle est divisé en trente-deux parties qui représentent les rumbs de vent.

Le quart de cercle pour prendre les hauteurs est destiné à remplacer le compas dans différentes recherches. C'est une petite lame de cuivre attachée au méridien général, et divisée en 90 degrés (1), qui sert à mesurer la distance et le gisement des lieux sans compas. *Le cercle horaire* est fixé sur le pôle du nord; il est divisé en 24 heures, et porte une aiguille mobile qui tourne autour de l'axe du globe. On met encore au pied du globe une *boussole* qui doit être fixée dans la parallèle et la méridienne de l'horizon.

Les fabricans de globes, et surtout ceux de Paris, mettent, depuis quelques années, si peu de soin dans la délicate construction de cet instrument, qu'un amateur Règles pour choisir un globe.

(1) Il va ordinairement à 114 degrés, ou l'arc égal au diamètre.

de géographie, avant d'acheter un globe, ne saurait trop scrupuleusement en examiner la qualité. Il faut s'assurer de la correspondance parfaite des divisions marquées sur les cercles. Les degrés de l'équateur et de l'écliptique doivent être égaux entre eux, et avec ceux du quart de cercle des hauteurs. La même égalité doit se trouver entre les degrés du méridien général et l'horizon, représenté par le cercle intérieur de la bande circulaire du milieu. On examine ces divisions en interceptant par un compas un certain nombre de degrés, et en essayant si, avec la même ouverture du compas, on peut partout intercepter le même nombre de degrés. Le globe doit être à une distance égale du méridien général et de l'horizon, et assez loin pour ne jamais se frotter contre ces cercles. Ceci n'a lieu que dans les globes de la plus mauvaise qualité. Le globe doit être perpendiculairement balancé sur les deux poinçons qui représentent les pôles. On le voit, si, étant tourné, il s'arrête aussitôt que l'on cesse d'y toucher. L'équateur doit, dans toutes les positions, couper le méridien, et, s'il y a lieu, l'horizon en deux arcs égaux; donc il doit toujours, en tournant avec le globe, coïncider avec les points où commencent les quarts de ces cercles. Dans la sphère parallèle, il doit toujours conserver le parallélisme le plus exact avec l'horizon. De même, les tropiques et cercles polaires doivent partout coïncider avec les latitudes qui leur appartiennent.

Le réseau, ou l'ensemble des lignes représentant les cercles de longitude et de latitude, doit correspondre exactement dans toutes ses jointures; ce qui est fort rare, même dans les grands globes; la surface de papier collé sur le globe y est rarement rapportée avec une exactitude parfaite.

Construction du globe. Le globe sert, généralement parlant, à récapituler les élémens de la géographie mathématique. Pour en faire connaître l'usage, nous allons en étudier la construction primitive. La manière la plus simple, comme la plus

exacte, de construire un globe, c'est de dessiner immédiatement sur sa surface, par les procédés que nous allons décrire, les cercles, lignes et points qu'elle doit représenter (1).

Supposons d'abord qu'on ait fixé deux points diamétralement opposés pour représenter les pôles et pour y faire passer l'axe de rotation : prenant l'un de ces points pour centre, et à égale distance de chacun, on décrira un cercle qui sera l'équateur; on tracera par les pôles un autre grand cercle pour représenter le *premier méridien*, qu'on divisera en 90 degrés, à partir de l'équateur en allant vers chaque pôle; ensuite on divisera, à partir de ce méridien, la circonférence de l'équateur de degré en degré. Ces deux cercles étant déterminés, il est facile de placer sur le globe un lieu dont on connaîtra, par les tables géographiques, la latitude et la longitude; car il suffira de marquer la première sur le premier méridien, et par le point où elle tombe, on décrira, en prenant le pôle pour le centre, le cercle parallèle à l'équateur, passant par le lieu proposé; puis menant par le point de l'équateur sur lequel tombe la longitude, et par les pôles, un demi-cercle, on aura le méridien, dont la rencontre avec le parallèle marque la position de ce lieu.

C'est par ce moyen que l'on trace de dix en dix degrés (ou de cinq en cinq) les *cercles de latitude* et de *longitude* marqués sur le globe. Nous ferons, au sujet de ces cercles, une remarque peut-être un peu trop élémentaire pour la plupart de nos lecteurs.

Décroissement des degrés des parallèles.

Les *cercles de latitude* sont parallèles à l'équateur; ils diminuent donc nécessairement, jusqu'à ce que le dernier cercle de latitude s'identifie avec le point même du pôle. Les *cercles de longitude* ou *les méridiens* vont de pôle à pôle, et coupent l'équateur perpendiculairement; à très-peu de chose près, ils sont égaux. On ne compte les degrés de latitude que sur les cercles de longitude, et *vice*

(1) *Varenius*, Géographie générale, liv. III, ch. 32, prop. 5.

versâ. Les *degrés de latitude* sont par conséquent de petits arcs de $\frac{1}{360}$ d'un *cercle de longitude*, interceptés par deux *cercles de latitude*. Donc ils seraient égaux sans cette petite différence qui vient de l'aplatissement, et qui les fait croître un peu vers les pôles. Les *degrés de longitude* sont de petits arcs de $\frac{1}{360}$ d'un *cercle de latitude*, interceptés par deux *cercles de longitude*. Donc les degrés de longitude vont en diminuant à mesure que les cercles de longitude se rapprochent; et dans le point où tous ces cercles, jusque-là convergens, se coupent, c'est-à-dire au pôle, il n'y a plus de longitude.

La numération des latitudes commence à l'équateur; son origine est déterminée par les circonstances mêmes du mouvement de la terre; il en est autrement de la longitude, car tous les méridiens étant de grands cercles, la nature ne fournit aucun motif pour en choisir un de préférence à tout autre, comme terme d'où on compterait la longitude, ou comme *premier méridien*; ne soyons donc pas étonnés que les géographes aient beaucoup varié dans ce choix.

Premier méridien.

Ptolémée fixa son premier méridien aux îles Fortunées (aujourd'hui les Canaries), parce que c'était la limite la plus occidentale des pays connus de son tems; et comme leur étendue d'orient en occident était plus considérable que celle du midi au nord, la première reçut le nom de *longitude* (ou longueur), et la seconde celui de *latitude* (ou largeur), qu'elles portent encore de nos jours. Ce premier méridien des anciens n'est pas connu d'une manière certaine, puisque sa position dépend du sens précis qu'on veut donner à l'appellation d'*îles Fortunées*, sens que nous avons discuté dans l'Histoire de la géographie.

Pour rendre uniforme la manière d'exprimer les longitudes dans les géographies françaises, Louis XIII ordonna, par une déclaration expresse, de placer le premier méridien à l'*île de Fer*, la plus occidentale des *Canaries*. Delisle, un des premiers qui essayèrent de donner de la précision aux déterminations géographiques, fixa la lon-

gitude de Paris à 20 degrés à l'est de ce méridien. Lorsqu'on a su, par des observations plus rigoureuses, que la différence de longitude entre Paris et le bourg principal de l'île de Fer était de 20° 5' 50", on s'est vu obligé d'avancer le premier méridien de 5' 50" à l'orient de ce point; de manière qu'il est aujourd'hui un cercle de pure convention, qui ne passe par aucun point remarquable.

Les Hollandais avaient fixé leur premier méridien au *Pic* de Ténériffe, montagne située dans l'île de ce nom, et qui passait alors pour la plus élevée du globe.

Gérard Mercator, fameux géographe du 16e siècle, a choisi le méridien qui passe par l'île *Del Corvo*, une des Açores, parce que, dans son tems, c'était la ligne sur laquelle l'aiguille aimantée ne souffrait aucune variation. Il faut avouer que c'est le point de départ le plus naturel et le plus commode par rapport aux mappemondes.

Les géographes ne se sont trouvés d'accord que pour le maintien d'un abus : c'est de n'entendre, par le nom de méridien d'un lieu, que la moitié du grand cercle correspondant au méridien céleste ; l'autre moitié, qui est dans l'hémisphère opposé, par rapport aux pôles, est quelquefois appelée l'*antiméridien*. Méridien et antiméridien.

D'après l'usage des géographes, on commence à compter les longitudes du côté oriental du premier méridien, et l'on poursuit dans le même sens, sur toute la circonférence de l'équateur, jusqu'à ce qu'on soit revenu au côté occidental du méridien. Par cette manière de compter, les longitudes peuvent s'élever jusqu'à 360°.

Ces conventions n'ont pas été adoptées par les marins. Les observations astronomiques étant devenues d'un usage général dans la navigation, et les tables qui indiquent l'heure des phénomènes célestes et la position des astres à diverses époques, étant toujours calculées pour le méridien de l'observatoire principal de chaque nation, les navigateurs ont trouvé plus commode de rapporter à ce méridien les points des routes qu'ils parcourent. C'est ainsi que les marins français comptent du méridien de l'obser- Longitudes comptées à la manière des marins.

vatoire de Paris ; les Anglais, de Greenwich ; et les Espagnols, de Cadix. Observons, en outre, que les marins concluent la longitude de la différence du tems qui s'écoule entre le passage des méridiens par un même astre, ou de la différence des heures que l'on compte au même instant en deux lieux différens. Si on s'est avancé vers l'orient, on compte plus que sous le méridien d'où l'on est parti ; le contraire a lieu quand on s'avance vers l'ouest. Il est donc nécessaire, quand on convertit une différence de tems en une différence de longitude, d'indiquer si elle est *orientale* ou *occidentale*. Dans cette manière de compter, on marque toujours la longitude par le côté le plus près du premier méridien, en sorte que les longitudes n'embrassent que la demi-circonférence, ou ne s'élèvent pas au-delà de 180°, et que le globe se trouve partagé en deux hémisphères par rapport au premier méridien ; dans l'hémisphère situé à l'ouest, les longitudes ont la dénomination d'*occidentales ;* elles sont *orientales* dans l'autre. Toutes les cartes marines sont établies d'après ce système de numération.

Réduction des longitudes géographiques.

Ces diversités dans la manière de compter la longitude nécessitent des calculs de réduction. On est obligé, avant de pouvoir se servir d'une carte, d'examiner quel est le méridien adopté par le géographe, « ce qui souvent embarrasse même les personnes instruites (1). »

Lorsqu'il s'agit des longitudes comptées d'après la méthode des géographes, c'est-à-dire en faisant le tour entier du globe par l'orient, il faut prendre la différence de longitude des deux méridiens que l'on compare ; et si le méridien duquel on veut partir est à l'occident de l'autre, on doit ajouter cette différence à toutes les longitudes comptées de cet autre ; dans le cas contraire, on la retranchera.

Par exemple, Moscou est à 35 deg. 12 min. 45 sec.

(1) *D'Alembert*, dans l'*Encyclopédie*.

du méridien de Paris; à combien est-il de celui de Greenwich? Ajoutez la différence, qui est 2 deg. 20 min. 15 sec., et vous aurez le résultat : 37 deg. 33 min. En voici un autre : Paris est à 20 deg. du méridien de l'île de Fer; à combien est-il du méridien hollandais de Ténériffe? Ce méridien étant à un degré plus à l'orient que l'autre, retranchez 1 de la longitude donnée, et vous aurez 19. Il arrive dans ce calcul deux cas particuliers. Le résultat par addition peut surpasser 360 degrés; par exemple, Madrid est à 353° 57' 40" de Paris, en comptant à la manière des géographes; à combien de l'île de Fer? Vous trouvez, en ajoutant la différence des méridiens, 373° 57' 40"; mais comme cette somme surpasse la valeur du cercle entier, vous voyez que vous avez repassé une seconde fois par le méridien de l'île de Fer; il faut donc en retrancher 360°, et vous aurez 13° 57' 40". De même il arrive que la longitude donnée est moindre que la différence des méridiens qu'on doit en retrancher; dans ce cas, on ajoute 360° à la longitude, puis on en retranche la différence, et on trouve la somme cherchée. Par exemple, l'île Gomère est à 32' de l'île de Fer; vous demandez à combien elle est du méridien de Ténériffe? Ajoutez 360° à 32', retranchez la différence, et vous aurez 359° 32', qui est la longitude demandée. On aperçoit la raison de ces opérations en les répétant sur un globe.

La réduction des longitudes comptées à la manière des navigateurs est de bien plus d'usage. Si on part du même méridien, toutes les longitudes marines orientales jusqu'à 180°, restent les mêmes que dans la manière de compter des géographes; à l'égard des longitudes marines occidentales, il suffit de les retrancher de 360° pour les ramener à la numération des géographes. En voici un exemple : la pointe de Vénus, dans l'île d'Otaïti, a été déterminée par les navigateurs à 151° 50' 30" de longitude occidentale du méridien de Paris; si de 360° on retranche 151° 50' 30", la différence, qui est 208° 9' 30", sera la longitude comptée à la manière des géographes. Il

Réduction des longitudes nautiques.

est évident que par une opération inverse, on peut transformer en longitude nautique les longitudes géographiques au-dessus de 180 degrés, en les retranchant de 360°.

Si nous partons de deux méridiens différens, il faut observer de quel côté le méridien auquel nous voulons rapporter les longitudes est placé par rapport à l'autre ; nous retrancherons leur différence de toutes les longitudes de même dénomination que ce côté, et nous ajouterons à toutes celles de dénomination contraire. Un exemple fera mieux comprendre cette régle. Le méridien de l'observatoire de Paris étant de 2° 20' 15" à l'orient de celui de Greenwich, toutes les longitudes orientales par rapport à Greenwich doivent être diminuées de cette quantité pour se rapporter au méridien de Paris, et les longitudes occidentales doivent être augmentées de cette quantité. C'est ainsi que la longitude du cap de Bonne-Espérance, étant de 18° 23' 15" à l'est du méridien de Greenwich, devient de 16° 3' à l'est de celui de Paris ; au contraire, le cap Horn, placé par les Anglais à 67° 21' 15" à l'ouest de Greenwich, se trouve à 69° 41' 30" à l'ouest de Paris.

Dans ces réductions comme dans celles des longitudes géographiques, il peut arriver que les points à réduire tombent entre ces deux méridiens, ou entre leurs méridiens opposés. Le lieu qui est oriental par rapport à l'un, devient alors occidental à l'égard de l'autre. Dans le premier cas, on ne peut plus retrancher de la longitude à réduire la différence des deux méridiens proposés ; il faut faire le contraire, et changer la dénomination. Dans le second cas, le nombre qui résulte de l'addition de la différence des méridiens avec la longitude comptée du méridien qu'on veut changer, surpasse 180°, parce qu'il se trouve au-delà du méridien opposé à celui auquel on rapporte les longitudes ; il faut la retrancher de 360° ou de la circonférence entière, pour la faire partir d'un côté contraire au même méridien : la longitude change par conséquent encore de dénomination.

Douvres, par exemple, est à 1° 18' 30" à l'*orient* de

Greenwich ; en retranchant cette longitude de la différence des méridiens, 2° 20' 15", il restera 1° 1' 45", ce qui est la longitude *occidentale* de Douvres à l'égard du méridien de Paris. Voici un exemple du deuxième cas : à l'île de la Tortue, située dans la mer Pacifique, les Anglais comptent 177° 57' ouest de longitude ; en y ajoutant 2° 20', on trouve 180° 17' : ce lieu est donc 17' au-delà du méridien opposé à celui de Paris ; et en retranchant 180° 17' de 360°, on a 179° 43' de longitude est, à l'égard du méridien de Paris.

Dès qu'on a tracé sur le globe les principaux cercles de longitude, et qu'on y a placé les lieux connus par des observations, et qui sont le plus souvent les capitales des États, les ports les plus fréquentés et les promontoires les plus saillans, il ne reste qu'à remplir les espaces intermédiaires en dessinant, d'après les meilleures cartes géographiques, les sinuosités des rivages, le cours des fleuves et l'enchaînement des montagnes. Mais comme tous les matériaux de ces dessins doivent être pris dans les cartes, dont nous enseignerons la construction dans les Livres suivans, il serait prématuré de parler ici plus au long des règles qu'il faut observer pour en choisir les meilleurs et pour les transporter sur le globe avec le plus d'exactitude. Remarquons seulement que cette manière de dessiner les détails géographiques immédiatement sur une boule de cuivre, de bois ou d'une autre matière quelconque, n'est employée que par des amateurs de la science qui veulent s'instruire en s'amusant, ou par des géographes chargés particulièrement de satisfaire le goût de quelque grand seigneur. Les fabricans de globes se servent d'une méthode moins lente, moins coûteuse, et qui leur permet de multiplier les exemplaires ; ils font dessiner et graver une carte générale du monde, distribuée en des *fuseaux*, c'est-à-dire des segmens sphériques, dont ils couvrent ensuite la boule destinée à devenir un globe terrestre. La manière de tracer ces fuseaux sera indiquée en son lieu.

Manière ordinaire de faire des globes.

Usages du globe. Distance des lieux.

Le premier usage qu'on peut faire du globe, c'est de déterminer la distance d'un lieu à un autre. La plus courte distance de deux points sur la sphère se mesure par l'arc du grand cercle qui les joint; et comme tous les grands cercles sont égaux, les degrés d'un grand cercle quelconque contiennent le même nombre de mesures itinéraires que celles du méridien : on prend donc avec un compas l'ouverture de l'arc compris entre les points proposés, pour la porter sur le méridien ou sur l'équateur qui sont gradués.

Si, par exemple, l'arc compris entre deux lieux marqués sur le globe, et rapporté sur le méridien, contient 10° 45', on aura la plus courte distance de ces points en mesures itinéraires, en convertissant les degrés et minutes en lieues marines à raison de 20 au degré; on obtiendra d'abord 200 lieues pour les 10°, et chaque minute valant un tiers de lieue ou un *mille nautique*, les 45' donneront 15 lieues; ainsi le résultat total sera de 215 lieues marines.

Les géographes soigneux substituent à ces opérations faites sur le globe, le calcul qui donne un résultat plus précis. Considérons, par exemple, le triangle sphérique APL, *fig.* 6, formé par les méridiens AP et PL des lieux A et L dont nous cherchons la distance, et par l'arc du grand cercle AL, qui les joint. Dans ce triangle, nous connaissons les côtés AP et PL, qui sont les distances des points A et L au pôle P, ou le complément de leurs latitudes, et l'angle APL qui se mesure par leur différence de longitude; les règles de la trigonométrie sphérique nous donneront en degrés et parties de degrés, le côté AL, que nous convertirons en mesures itinéraires. Dans le cas où les lieux A et L se trouvent dans deux hémisphères différens, l'une des distances au pôle sera plus grande de 90° que la latitude de l'un de ces points (1).

(1) Quelques-uns de nos lecteurs verront peut-être avec plaisir un exemple de ce genre de calcul.

On demande la distance de Paris à Philadelphie. Longitude ouest de

Si les lieux dont on veut connaître la distance ont le même méridien, il n'est besoin que de prendre la différence de leurs latitudes et de la convertir en mesures itinéraires. Une différence de quelques minutes en longitude n'a pas un effet sensible sur le résultat ; ainsi on ne se tromperait guère que d'une lieue en mesurant la distance de Paris à Alger sur le méridien de Paris, quoiqu'il soit à 41' plus à l'occident que celui d'Alger.

Ce serait une grave erreur que de prendre la différence de longitude en degrés de deux points situés sur le même parallèle pour la mesure de leur distance ; on ne peut faire cela qu'à l'égard des points de l'équateur, qui est un grand cercle ; mais ses parallèles étant de petits cercles dont le rayon diminue à mesure qu'on s'approche des pôles, il suit du principe énoncé ci-dessus, que la longueur absolue de leurs arcs ne donne point la véritable mesure de la plus courte distance des extrémités de ces arcs ; cette distance ne saurait être mesurée que par un grand cercle passant par les deux points extrêmes. Car puisque le rayon du parallèle est plus court que celui du grand cercle, l'arc du parallèle doit nécessairement avoir plus de courbure que celui du Remarque sur les mesures des distances.

Philadelphie, 77° 36' 0". Long. de Paris, 0° 0' 0". Différence de longitude A = 77° 36' 0". Lat. N. de Paris, 48° 50' 15"; donc le complément B = 41° 9' 45". Lat. N. de Philadelphie, 39° 56' 57"; donc le complément C = 50° 3' 3". Multipliez la *tangente* B par le *cosinus* A, vous aurez une tangente que nous nommerons x. Il faut la retrancher de C, si A est au-dessous de 90°, et l'additionner, si A est au-dessus. Il en résulte la quantité que nous nommerons y. Maintenant on dira : comme le cosinus x est au cosinus B, ainsi est le cosinus Y au cosinus de la distance demandée D. Le calcul se fait au moyen des tables des sinus.

log. Tang. B = 9.94165	log. Cos. x = 9.99249
log. Cos. A = 9.33190	log. Cos. B = 9.87670
log. Tang. x = 9.27365	log. Cos. y = 9.88790
donc x = 10° 37' 48"	log. Cos. D = 9.77211
C = 50° 3' 3"	donc D = 53° 42' 50"
C − x = y = 39° 25' 15"	= 1074 lieues de 20 au degré.

Voyez les trigonométries et les formules générales dans *Puissant*, Traité de Géodésie, art. 89, Comp. art. 3u.

grand cercle compris entre les mêmes points, et est par conséquent plus long. En voici un exemple frappant. Pétersbourg est presque sous la même latitude que l'île de Kodiak, dans l'Amérique russe; la différence en longitude est d'environ 180 degrés, valant sous ce parallèle 1800 lieues marines; mais la plus courte distance de ces deux lieux est, en comptant sur un méridien qui leur est presque commun, 60 degrés de latitude, valant 1200 lieues. Il est vrai que, pour en profiter, il faudrait passer par les glaces éternelles du pôle. Ainsi, en géographie comme en politique, le chemin droit n'est pas toujours le plus avantageux.

Loi du décroissement des degrés de longitude.

Il est donc nécessaire, dans beaucoup de cas, de mesurer les distances sur les parallèles, et, par conséquent, de savoir exactement la valeur des degrés de longitude marqués sur les cercles parallèles. Le globe rend sensible aux yeux la diminution de ces degrés vers les pôles; nos tables l'indiquent en détail (1). Mais il faut en connaître le principe mathématique. La longueur des degrés marqués sur les parallèles est proportionnelle aux rayons des cercles; or, les rayons de l'équateur et de ses parallèles sont des perpendiculaires abaissées des différens points du méridien sur le diamètre de chacun de ces cercles, comme dans la *figure* 6 les lignes EC et HK. Si nous prenons par conséquent le rayon EC pour la longueur du degré de l'équateur, et si nous le divisons en vingt parties représentant des lieues marines, le nombre de ces parties que pourra contenir le rayon HK du parallèle LM, nous indiquera la valeur du degré de ce parallèle en lieues. Il en résulte que, pour déterminer la longueur des degrés sur chaque parallèle, nous n'avons qu'à décrire sur une ligne EC, qui représente la longueur du degré du méridien ou de l'équateur, un quart de cercle EP, le partager en degrés, et faire tomber des perpendiculaires de chaque point de division sur le rayon CP; ces lignes marqueront

(1) Voyez les *Tables* annexées à ce volume.

les longueurs respectives du degré des parallèles pour chaque latitude.

Comme la ligne HK est le sinus de l'arc PH et le cosinus de l'arc EH, dont l'un indique la distance du parallèle HM au pôle, et l'autre la latitude de ce parallèle, il est évident qu'en prenant pour unité le degré de l'équateur, celui d'un parallèle quelconque sera le cosinus de la latitude donnée par les tables trigonométriques. Par exemple, la latitude de Paris est 48° 50', et le cosinus de cet angle 0,658 du rayon; en multipliant ce nombre par 20 lieues marines, on aura pour la valeur du degré du parallèle 13 lieues $\frac{6}{10}$. A la latitude de Pétersbourg ou 60°, le degré de longitude est réduit à 10 lieues, parce que le cosinus de 60° est la moitié du rayon.

Nous avons indiqué ce qu'on doit entendre par *nord* et *sud*, *est* et *ouest*; c'est en bien étudiant le globe que l'on parvient à saisir parfaitement la valeur de ces termes. Deux endroits terrestres, situés sous le même méridien, sont directement nord et sud l'un de l'autre, et tous les endroits intermédiaires, c'est-à-dire, tous les points de la ligne de distance, sont également nord et sud l'un de l'autre, et tous réciproquement sur la même aire du compas. De même, deux points quelconques, pris sous l'équateur terrestre, sont directement est et ouest l'un de l'autre, et tous les points intermédiaires le sont également et se trouvent réciproquement sur le même rumb. Rapport des lieux aux points de l'horizon.

Si l'on prend deux endroits qui ne se trouvent ni sous le même méridien, ni sous l'équateur, quelle que soit d'ailleurs leur position relative, aucun des points intermédiaires ne sera, par rapport aux autres points, sur la même aire du compas. Car l'arc de grand cercle qui mesure la distance, est un arc de cercle vertical qui passe par le zénith des deux lieux en question; or, tout cercle vertical qui n'est lui-même ni un méridien, ni perpendiculaire aux méridiens terrestres (comme l'équateur), coupera tous les méridiens intermédiaires sous des angles inégaux entre eux. Mais ce sont ces angles de position qui

déterminent l'aire du compas sur laquelle un endroit est relativement à un autre. Donc, comme tous les endroits intermédiaires entre les deux endroits en question offriront des angles de position inégaux en degrés, chacun d'eux sera sur une autre aire de l'endroit suivant, que l'endroit précédent n'était de lui. Ainsi, en suivant la route la plus courte, entre deux endroits situés hors l'équateur et sous des méridiens différens, on changerait à chaque pas de rumb. C'est ce que démontre la *figure* 17, où PE*p* représente un méridien, EGI*i* l'équateur, HLQ un parallèle, et HIK*i* le grand cercle perpendiculaire au méridien en H. On y aperçoit aussi que tous les grands cercles perpendiculaires au même méridien se rencontrent en deux points opposés, I et *i*, qui sont les pôles de ce méridien. Ces grands cercles doivent donc continuellement s'approcher les uns des autres; et ce n'est que dans un très-petit espace, de chaque côté du méridien PE*p*, qu'on peut regarder comme parallèles entre eux les cercles IE*i* et IH*i*; ce ne sera donc aussi que dans une petite étendue que les lignes *est* et *ouest*, ou les perpendiculaires à la méridienne, pourront être regardées comme parallèles(1).

Lignes est et ouest.

Comme le grand cercle IHK, perpendiculaire au méridien *p*'EP, coupe les autres méridiens sous des angles différens pour chacun, tandis que le parallèle HLQ les rencontre tous à angle droit, il est évident qu'en se portant du point H au point L sur le parallèle, on se détourne à chaque instant de l'alignement qu'on avait d'abord suivi, pour se placer à angle droit avec les divers méridiens que l'on coupe, et qui se réunissent tous au pôle P. On ne peut donc tracer sur la surface terrestre un parallèle à l'équateur, ou s'avancer directement, soit à l'*est*, soit à l'*ouest*, qu'au moyen d'une boussole, ou, plus exactement encore, en déterminant de proche en proche la position du méridien, et en se maintenant toujours à la même latitude.

Cette différence entre les points *est* et *ouest* du monde

(1) Voyez ci-après : *Projection de la carte de Cassini.*

et ceux de chaque lieu en particulier, influe sur la navigation et sur les cartes marines. Le navigateur cherche, autant que possible, à naviguer sur le même rumb, du moins pour un certain tems; il ne peut pas sans cela savoir où il dirige sa course. D'ailleurs, il faut d'abord diriger sa route de sorte qu'on arrive à l'endroit où l'on veut aller; et secondement, on doit y aller par le plus court détour possible. Si le vaisseau navigue toujours est et ouest sous l'équateur, sa route sera un arc de l'équateur, et, par conséquent, le plus court chemin entre deux endroits situés sous l'équateur. Si le vaisseau est dirigé constamment nord ou sud, il décrira un arc d'un méridien, et en même tems le plus court chemin entre l'endroit de départ et celui d'arrivée. Si le vaisseau, hors l'équateur, navigue constamment est ou ouest, il décrira un parallèle à l'équateur. Donc, si l'endroit de sa destination est à l'est ou à l'ouest de celui du départ, et sous le même parallèle, le vaisseau y arriverait, à la vérité, en allant toujours sur le même rumb, mais par un chemin quelquefois très-long. Route du navigateur.

Si, au contraire, un vaisseau se dirige constamment vers le même point du compas, ce point n'étant pas un des quatre cardinaux, il décrira sur le globe *une courbe, qui ne rentre point dans elle-même, mais qui tourne en spirale à l'infini, en s'approchant toujours du pôle, sans jamais y arriver.* Voilà la définition théorique de la *ligne loxodromique.* On peut encore la définir ainsi: une courbe qui entoure le globe, à plusieurs révolutions, et dans laquelle chaque point est situé envers tous les autres sur la même aire du compas. Ligne loxodromique.

Cette ligne a été découverte par *Pierre Nonnius*, mathématicien portugais, auquel un navigateur demanda la cause d'un phénomène qui, sans doute, donnerait ceux qui n'auraient point lu ce que nous venons de dire. On demande *pourquoi, en se dirigeant constamment sur l'aire d'est pour aller à une place située réellement à l'est d'une autre (par la plus courte route), on n'y arrive jamais, et*

même on s'en éloigne de plus en plus? La raison est qu'en suivant toujours le même rumb hors l'équateur, et en changeant de méridien, on ne décrira point l'arc du grand cercle qui mesure la distance de deux endroits, mais une spirale ou loxodromique, qui ne passera jamais par l'endroit cherché.

Il faut qu'on se dirige sur la loxodromique qui passe par les deux endroits, ou sur une ligne qui coupe les méridiens intermédiaires sous un angle égal à l'angle d'inclinaison de la loxodromique qui passe par les deux endroits (1).

Il y a deux points sur le globe où il n'y a ni *est* ni *ouest*: ce sont les deux pôles.

Mesure de la superficie du globe.

On peut encore considérer le globe sous le rapport de l'étendue de sa surface. Nous avons vu qu'elle était de 16,501,200 lieues marines carrées, en supposant la terre une sphère. Si l'on veut connaître l'étendue d'une zone quelconque, renfermée entre deux cercles parallèles, la géométrie nous apprend que la surface d'une zone sphérique est à l'aire de la sphère comme la distance des parallèles qui la terminent est au diamètre; et cette distance répond, sur le diamètre, à la différence des sinus des latitudes de chaque parallèle, ainsi que cela se voit sur la *fig.* 6, par la ligne CK, différence entre CP et KP. Si par exemple nous voulons évaluer la zone comprise entre le 48ᵉ et le 49ᵉ parallèles, et dans laquelle se trouvent Paris et ses environs, nous dirons:

Le sinus de 49° étant 0,755
Celui de. . 48° 0,743
La différence. . . . 0,012

réduite à la moitié 0,006, nous montre que cette zone renferme les $\frac{6}{1000}$ ou les $\frac{3}{500}$ de l'aire totale du globe; celle-ci étant estimée de 16,501,200 lieues carrées, on conclut que la zone renferme 99,007 lieues carrées.

(1) *Maupertuis*, Discours sur la parallaxe de la lune, 2; 12, 13, 14. Les Mém. de l'Acad. des Sciences, pour 1754. *Varenius*, ch. 39, etc. *Dubourguet*, Traité de Navigation.

Avec cette donnée, nous calculerons facilement l'étendue de chaque espace compris entre deux parallèles et deux méridiens donnés ; elle est nécessairement dans le même rapport à la zone entière, que la différence de longitude des deux méridiens est à la circonférence entière ; on trouve par conséquent la valeur du quadrilatère terminé par deux méridiens distans d'un degré, et par le 48e et le 49e parallèles, en prenant la 360e partie du nombre 99007, qui indique l'aire totale de la zone ; ce quadrilatère est de 275 lieues carrées environ.

Comme toutes les cartes sont partagées par les méridiens et les parallèles en des quadrilatères qui ont ordinairement 1, 5 ou 10 degrés, on conçoit qu'un semblable calcul, fait pour chaque zone et pour chaque quadrilatère comprenant un degré de longitude et un degré de latitude, donnerait une suite de résultats à l'aide desquels on évaluerait presque sur-le-champ, soit sur le globe, soit sur les cartes, l'étendue de chaque région terrestre. Utilité des calculs précédens.

On n'aurait qu'à examiner combien de quadrilatères, d'une valeur égale en degrés, seraient inscrits ou circonscrits à la figure du pays qu'on voudrait mesurer, en prendre la valeur en lieues carrées dans la Table, et ensuite estimer celle des lisières qui se trouveraient tomber hors les limites de ces quadrilatères. Par ces moyens, empruntés à la trigonométrie *sphérique*, on éviterait les erreurs qui ont presque nécessairement lieu lorsqu'on veut se servir de l'*échelle* de nos cartes ordinaires pour mesurer, d'après les règles de la trigonométrie *plane*, la surface carrée des diverses régions de la terre. Les cartes qui représentent une surface sphérique sur une surface plane, donnent inévitablement les espaces trop grands ou trop petits, soit au centre, soit à la circonférence ; leurs *échelles* ou modules de mesure ne peuvent point s'appliquer uniformément à leur surface.

Un géomètre allemand (1) a calculé, d'après ces prin-

(1) *Klugel*, Annuaire astronomique de Berlin, pour l'an 1774, p. 173.

cipes, des *Tables de la surface carrée des zones* dont nous avons inséré une traduction à la fin de cet ouvrage. Nous allons montrer, par un exemple, l'usage de ces calculs.

Calcul d'après les tables aréométriques.

L'État de *Pensylvanie* est limité au nord par le parallèle de 42°, et au sud par le parallèle de 39° 43' 25" ; il s'étend, dans le sens des longitudes, depuis 2° est (de Washington) à 356° 37' 30" ouest. Il y a au nord qu'un petit triangle vers le lac Erié, et une lisière comprise dans la courbure de la Delaware, qui dépasse cette figure ; ces surfaces à ajouter égalent les coins des États voisins qui entrent dans la figure indiquée, et qui sont à retrancher ; on peut donc considérer cette figure comme la surface totale de la Pensylvanie. Maintenant les quatre zones de 40° à 40° 30', de là à 41°, à 41° 30' et à 42°, doivent, d'après les Tables, avoir une surface de 217,345.77 lieues carrées de 20 au degré. Mais la zone entre 39° 43' 25" et 40° n'a que 16' 35" de largeur ; il faut donc que la surface de la zone entière du demi-degré qui, selon les Tables, est = 55312 lieues carrées, soit multipliée par $\frac{16° \; 35'}{30} = \frac{995''}{1800}$. Ce qui donne pour la surface de cette petite zone 30599.11 lieues carrées, somme qui, ajoutée à *celle des quatre zones de demi-degrés, forme un total de 24794.88 lieues carrées pour la surface de toute la zone terrestre comprise entre les latitudes 39° 43' 25" et 42°. Maintenant, la Pensylvanie n'occupant sur cette zone que 5° 21' 30" de longitude, l'aire de la zone entière est à celle de la Pensylvanie comme 360° à 5° 21' 30", ou comme 1296000 à 19290 ; ce qui donne pour la surface de la Pensylvanie 3690.48 lieues carrées de 20 au degré. Il est évident qu'on peut abréger ce calcul si l'on connaît, par les Tables, quelle est la surface d'un quadrilatère compris entre deux méridiens et deux parallèles distans chacun d'un degré ou

---

* Comp. *Mayer*, Introduction complète à l'Art de tracer des Cartes géographiques, etc., p. 192 (en all.).

d'un demi-degré ; on compte ces quadrilatères, et une simple multiplication donne le résultat demandé, sauf à y ajouter les valeurs des quadrilatères incomplets, que l'on évalue facilement par une règle de proportion.

Les géomètres s'apercevront que ces évaluations ne sont rigoureusement exactes que dans la supposition de la terre sphérique ; l'inégalité des degrés, qui résulte de l'ellipticité de la terre, occasionne une petite différence entre l'aire d'une zone prise sur le sphéroïde, et une autre prise sur la sphère. Mais cette différence, qui dépend de la quantité de l'aplatissement total du globe, est bien peu sensible, et ne s'élève sur une zone de 100,000 lieues carrées, sous une latitude moyenne, qu'à 2 ou 300 lieues carrées tout au plus. D'ailleurs, les géomètres qui ont proposé des formes algébriques pour calculer la surface des zones de l'ellipsoïde, et qui ont promis de publier des Tables calculées d'après ces formules (1), pensent eux-mêmes que les irrégularités du sphéroïde terrestre ne sont pas encore connues d'une manière à pouvoir les déterminer exactement. Remarque sur ces calculs.

Nous avons considéré le globe sous ses principaux rapports géométriques ; il nous resterait, d'après l'antique usage des géographes, à enseigner comment on résout, au moyen du globe artificiel, diverses questions élémentaires. Mais d'abord nos lecteurs doivent prévoir que les solutions exactes de ces problèmes ne peuvent se trouver que par le calcul ; de plus, les questions qu'on cherche ordinairement à résoudre par le globe, sont, pour la plupart, ou trop vagues ou trop étrangères à la géographie pour mériter une mention dans cet ouvrage. Nous nous bornerons à quelques courtes indications. Diverses questions résolues par le globe.

Pour trouver sur le globe artificiel la latitude d'un lieu terrestre quelconque, on fera tourner ce globe autour de

(1) De *Zach*, Correspond., I, 181-184. *Pasquich*, ibid. 443 ; et IX, 301-308. Comp. *Klugel*, Annuaire astronom. *Berlin*, 1790, p. 243 *sqq*.

Trouver les positions géographiques. son axe immobile jusqu'à ce que le méridien fixe soit transporté sur ce lieu ; et le degré qu'on lira sur le méridien, à ce point, donnera la latitude du lieu. La longitude du même lieu se trouvera alors sur l'équateur au point où ce cercle passe sous le méridien. Veut-on, au contraire, déterminer la position d'un lieu dont on connaît la longitude et la latitude ; on n'a qu'à faire passer sous le méridien le point de l'équateur qui se trouve à la longitude donnée, et, prenant sur le méridien la même latitude, on aura la position géographique de ce lieu.

Le cadran que l'on adapte ordinairement au pôle nord du globe sert à faire connaître l'heure que l'on compte dans un lieu de la terre, lorsqu'il est midi dans un autre ; car, en plaçant ce dernier sous le méridien, après avoir fixé sur midi l'aiguille du cadran, et faisant tourner le globe jusqu'à ce que le méridien se trouve sur le lieu dont on cherche l'heure, l'aiguille indiquera sur le cadran l'heure demandée : elle est *après midi*, si l'on a fait tourner le globe à l'orient, et *avant midi* dans le cas contraire.

Trouver la longueur des jours. Si on veut connaître la longueur du plus grand jour pour tous les points d'un hémisphère, soit du septentrional, par exemple, on placera le méridien de manière que le bord du cercle polaire arctique touche l'horizon du globe ; cet horizon se confondra alors avec le cercle d'illumination. Si l'on amène dans le méridien un point quelconque de l'hémisphère proposé, qu'ensuite on fixe l'aiguille du cadran polaire sur 12 heures, et qu'on fasse tourner le globe vers l'orient jusqu'à ce que le point remarqué entre dans l'horizon, l'aiguille s'arrêtera sur l'heure à laquelle ce point passe de la partie éclairée à la partie obscure. Le nombre d'heures parcourues sur le cadran sera la moitié de la durée du jour cherché. En plaçant le pôle plus près de l'horizon, on donnera à ce cercle la position que prend le cercle d'illumination dans les tems qui précèdent et qui suivent les solstices, et on connaîtra, comme ci-dessus, la longueur du jour dans chaque pays. Dans cette position du globe, tous les points

qui se trouvent en même tems sur le bord occidental de l'horizon sont ceux qui voient le soleil se lever au même moment; ceux qui sont sur le bord oriental le voient se coucher à ce moment.

Trouver les points du lever et du coucher du soleil.

On indique ordinairement sur l'horizon des globes les directions des vents à l'égard de la ligne méridienne, et les noms qu'on leur assigne; par ce moyen on peut connaître la position d'un lieu à l'égard du soleil, au moment où cet astre paraît se lever ou se coucher, en observant par quel point de l'horizon le lieu proposé passe de la partie obscure dans la partie éclairée, ou de celle-ci dans l'autre. Le globe, ainsi tourné, fournit le moyen de représenter physiquement tous les phénomènes du mouvement annuel de la terre. Il suffit d'exposer dans une chambre obscure un globe à une bougie qui répond perpendiculairement au centre de l'horizon, et à une distance un peu considérable par rapport au diamètre du globe; on obtiendra alors les mêmes phénomènes que produit le soleil pendant la rotation de la terre, relativement aux diverses positions que prend l'axe de la terre à l'égard de cet astre (1).

Mesurer les distances.

On mesure la distance de deux lieux en plaçant l'un de ces points sur le méridien, puis en amenant au-dessus l'attache du cercle des hauteurs, et en faisant tourner cet arc de cercle autour de son attache, jusqu'à ce qu'il passe par l'autre point proposé. Le nombre de degrés et parties de degrés marqué à ce point étant réduit en mesures itinéraires, donnera la distance demandée.

Rectifier le globe.

Si l'on veut connaître sur quel aliguement l'un de ces lieux est situé par rapport à la méridienne de l'autre, il faut d'abord placer le globe de manière que le second point réponde au centre de l'horizon, c'est-à-dire, *rectifier* le globe pour ce point. On y parvient en prenant sa latitude et en faisant mouvoir le méridien dans son *encastre-*

(1) *Keil*, Institutions astronomiques, pag. 89.

ment avec l'horizon, jusqu'à ce que l'élévation du pôle le plus voisin soit égale à cette latitude. L'horizon se trouve alors, par rapport au globe, dans la position qu'occupe sur la terre l'horizon rationnel du lieu proposé. Le globe étant rectifié, on ramène sur le lieu en question l'attache du cercle des hauteurs, qu'on fait passer ensuite par le premier point; puis on compte le nombre de degrés et parties de degrés compris sur l'horizon, depuis le cercle des hauteurs jusqu'au méridien, soit du côté du nord, soit du côté du midi, et on a la mesure de l'angle que fait avec le méridien l'arc de grand cercle qui joint, par le chemin le plus court, les deux points proposés.

Autre méthode pour trouver la longueur des jours.

Le problème de trouver la durée du plus long jour pour un endroit quelconque, peut encore être résolu en substituant l'horizon rationnel de ce lieu au cercle d'illumination. Il faut, à cet effet, rectifier le globe pour le lieu en question, le placer dans le méridien, mettre l'aiguille du cadran polaire sur 12 heures, puis marquer sur le méridien le degré où tombe la déclinaison du soleil au moment proposé, et faire tourner le globe jusqu'à ce que le point qui correspondait à ce degré du méridien soit dans l'horizon. Le nombre d'heures que l'aiguille aura parcourues sur le cadran, sera le nombre de celles qui s'écoulent entre le passage de l'astre au méridien, et son lever ou son coucher : on conçoit que le point pris sous le méridien, à la même distance de l'équateur que le soleil, parcourt sur le globe la route apparente de cet astre. Le même procédé ferait connaître le tems qui s'écoulerait, dans un lieu quelconque, entre le passage au méridien et le lever ou le coucher d'un astre dont la déclinaison est donnée; il faut seulement marquer sur le méridien le point qui répond à cette déclinaison. Pour déterminer la durée du crépuscule, il faut, par le moyen du cercle des hauteurs, tracer, à 18° au-dessous de l'horizon, un cercle qui lui soit parallèle, et déterminer l'instant où le point pris sur le globe pour représenter le soleil parvient à ce cercle.

Tous ces problèmes s'expliqueraient plus facilement si nos globes étaient construits d'après la nouvelle méthode proposée en partie par George Adams (1), mais exécutée et perfectionnée par Covens (2). Nos lecteurs pourront en juger par la *figure* 18, dont nous allons donner une courte explication. Le grand support circulaire ABC, qui, dans les globes ordinaires, représente l'horizon, représente ici l'écliptique. Sur cette large bande on trouve deux divisions qui sont consacrées, l'une aux mouvemens du soleil, l'autre à ceux de la lune; dans le premier, on remarque une subdivision indiquant les 365 jours de l'année commune, et une autre pour l'année bissextile. Un petit soleil artificiel se meut à volonté sur l'écliptique. La division extérieure de l'écliptique montre la longitude et la latitude de la lune pour chaque jour de son *âge*. Le grand cercle de laiton, PNM, perpendiculaire à l'écliptique, est un cercle méridien, et spécialement le *colure des solstices*. L'axe du globe terrestre est fixé dans ce cercle aux points FK, et incliné sur l'écliptique sous un degré de 66° 32'. Dans les pôles de l'écliptique aux points L et G, s'élèvent deux poinçons qui portent un cercle de latitude céleste; sur ce cercle mobile sont attachées deux étoiles également mobiles, et qu'on peut placer sous telle longitude ou latitude céleste qu'on voudra. Le demi-cercle FOPI est la moitié d'un cercle de déclinaison; CBD est l'équateur céleste, qui fait avec l'écliptique un angle de 23° 28'. Voilà les cercles célestes qui ne tournent pas avec le globe, et qui représentent pour ainsi dire un abrégé de la sphère armillaire. Sur le globe même, on voit un demi-méridien mobile RTQ; il est divisé en degrés comptés d'un côté du pôle à l'équateur, et de l'autre

Nouvelle construction des globes.

(1) *G. Adams*, Treatise describing the construction and use of new celestial and terrestrial globes. Londres, 1766. (2) *C. Covens*, Handleiding, etc. (Introduction à la connaissance des nouveaux globes, etc.) Amsterdam, 1802. Comp. *Van Beck-Calkoen*, dans *Zach*, Correspond., XIV, 270.

dans l'ordre inverse. Un grand cercle VSW y est tellement attaché qu'on peut l'y faire glisser à volonté, mais que néanmoins il conserve constamment une position perpendiculaire sur le méridien RTQ; il sert à représenter l'horizon rationnel d'un lieu quelconque. Presque sur le globe même on voit, dans le plan de l'équateur, un cercle horaire XYZ, attaché au méridien; le soleil mobile fait les fonctions de l'aiguille des globes ordinaires.

Il est facile de concevoir les avantages de cette construction nouvelle. D'abord elle donne une idée bien plus claire de l'horizon, comme étant un cercle indépendant du mouvement de la terre. Pour *rectifier* le globe, ou le mettre à la hauteur du pôle d'un lieu, il suffit d'amener le lieu proposé sous le méridien RTQ, et ensuite de pousser l'horizon VSW à une distance de 90 degrés. On distingue mieux sur ce globe les cercles célestes des cercles terrestres; le mouvement annuel du soleil y est mieux représenté; enfin les commençans puiseront, dans l'étude d'un semblable globe, des idées plus nettes sur les rapports de notre planète avec les astres qui l'environnent.

Remarques historiques sur les globes.

Nous pourrions nous permettre ici une digression historique sur les perfectionnemens successifs de la construction des globes, depuis celui de Roger II, immortalisé par le commentaire de l'Edrisi, jusqu'aux tems de *Blaeuw* et *Coronelli*, qui les premiers donnèrent aux globes des formes élégantes et des dimensions considérables. Nous pourrions rechercher l'origine de ces instrumens déjà connus des anciens; discuter si le roi Atlas en a été l'inventeur, et si les deux fameux chapiteaux du temple de Salomon (1) étaient une paire de globes; examiner si *Albert Durer* ou *Henri Glaréan* a le premier enseigné l'art de dessiner et de graver des segmens sphériques, et de les coller sur une boule (2); prouver que les

(1) *Fabricii*, Biblioth. Græca, l. IV, c. 14, p. 464. *Hauber*, Histoire des Cartes géog., 57 et supplém., 38 (en allemand).

(2) *Zach*, Correspond., XIII (1806), 156. *Glareanus*, de geographiâ, cap. 19, Bas. 1527. Cp. *Vaugondy*, Instit. géograph., p. 359.

moyens de multiplier les globes par la gravure ont déjà dû être généralement connus en 1530, puisque la cosmographie de *Gemma Phrysius* était accompagnée d'un semblable instrument, comme nos livres modernes le sont d'un atlas (1); enfin, on nous pardonnerait peut-être de décrire les globes terrestres les plus fameux, tels que celui de Coronelli, construit aux dépens du cardinal d'Estrées, et placé d'abord à Marly, ensuite à la bibliothèque de Paris (2); celui dit de *Gottorp*, composé par Oléarius, de 1654 à 1664, et que Pierre-le-Grand fit chercher par une frégate pour en orner sa nouvelle capitale; celui de Cambridge, qui a 18 pieds de diamètre ou six pieds de plus que les deux précédens (3), et beaucoup d'autres dont on vante, soit le volume, soit la magnificence. Mais ces recherches historiques nous écarteraient trop de notre sujet. Nous remarquerons seulement que le globe en cuivre placé à la bibliothèque des Quatre-Nations, quoique incomplet sous le rapport des découvertes modernes, laisse tous les grands globes connus très-loin en arrière par la beauté de l'exécution. L'Empereur en fait construire un autre qui fera beaucoup d'honneur à MM. Poirson et Mentelle.

Parmi les globes qui entrent dans le commerce, on distingue ceux d'*Adams* à Londres, d'*Ackermann* à Upsal, de *Robert Vaugondy*, et, de nos jours, ceux de *Sotzmann*, publiés par *Frantz* à Nuremberg.

Outre les sphères armillaires et les globes artificiels, il y a encore deux instrumens dont on peut recommander l'usage à la jeunesse. L'un est le *planisphère* de *Fortin*, qui représente le vrai système planétaire d'une manière nouvelle et plus parfaite; on peut même s'apercevoir de l'ellipticité de l'orbite de la terre. L'autre est la *machine géocyclique* de M. *Loysel*; cette machine est propre à

(1) *Gemma Phrysius*, de Principiis astronomiæ et cosmographiæ, deque usu globi, 1530. On lit sur le titre : *Væneunt cum globis*, *Lovanii*, etc., etc. (2) *De La Hire*, Description des Globes de Marly, 1703. (3) *Zach*, Correspond., XIII, 161.

démontrer le mouvement de la terre. Un habile professeur, M. *Mentelle*, en explique l'usage dans son excellente *Cosmographie élémentaire*. On doit exciter parmi la jeunesse le goût des études par ces sortes de jeux scientifiques; mais nous en demander une description détaillée, ce serait mal apprécier le but de notre ouvrage.

LIVRE VINGT-SIXIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Des Cartes géographiques. De la Projection stéréographique, de l'orthographique et de la centrale.

Les grands globes sont des instrumens dispendieux et incommodes ; les petits ne présentent pas des détails suffisans. Il a donc fallu avoir recours à des tableaux qui, sur une surface plane, donnassent une représentation du globe et de ses parties. Ces représentations embrassent ou la terre entière, ou une partie du monde, ou une seule contrée. Dans le premier cas on les appelle *mappemondes*, et, lorsqu'elles ont la forme circulaire, *planisphères* ; celles de la seconde classe sont nommées *cartes générales* ; les autres sont des *cartes spéciales*. Parmi les cartes spéciales, il y en a qui représentent eu graud une province avec tous ses endroits remarquables ; ce sont des *cartes chorographiques*. Si le dessinateur est entré dans tous les détails de la nature du terrain, ou s'il a même retracé les habitations isolées et la direction des chemins et rivières, ce sont des *cartes topographiques*. On sent que ces sortes de cartes doivent nécessairement embrasser un petit canton, et qu'elles se rapprochent insensiblement des *plans géométriques*. L'usage confond quelquefois ces dénominations. On distingue encore des cartes géographiques proprement dites, celles qui sont appropriées à un usage particulier ; telles sont les *cartes hydrographiques*, destinées aux marins, les *cartes minéralogiques* et autres (1).

Diverses espèces de cartes géographiques.

(1) *Mayer*, Introduction complète à l'Art de tracer les Cartes géographiques, hydrographiques et célestes, etc. Erlang. 1794 (en allemand). *Puissant*, Traité de Topographie, liv. II, p. 92-152. Comp. *Robert Vaugondy*, Institutions géographiques, part. II, etc.

La figure de la terre s'oppose à ce qu'on puisse en donner un tableau général dans lequel les distances des lieux et l'étendue relative des régions soient conservées dans leurs rapports mutuels. Il y a des surfaces courbes qui peuvent s'étendre sur un plan sans déchirure ni duplicature, et se nomment par cette raison *surfaces développables*; telles sont celles des cônes et des cylindres; les autres, comme celles de la sphère et des sphéroïdes, se refusent absolument à cette extension. La terre étant un sphéroïde, sa surface ne saurait coïncider rigoureusement avec un plan; et de là résulte l'impossibilité de marquer sur une carte, en même tems et dans leurs rapports naturels, l'étendue des pays, les distances des lieux et la similitude des configurations. Les géographes sont obligés d'avoir recours à des constructions diverses pour représenter, au moins d'une manière approximative, chacun de ces rapports en particulier.

Des surfaces développables.

On a donné à ces constructions le nom de *projections*, nom qu'on applique en général aux dessins dont l'objet est d'indiquer sur un plan les dimensions de l'espace et des corps qu'il renferme. Il y en a de deux sortes : les unes sont de véritables *perspectives* du globe ou des parties de sa surface prises de divers *points de vue*, et sur divers plans de *tableau*; les autres ne sont que des espèces de développemens assujettis à des lois approximatives, et appropriés aux rapports qu'on veut conserver de préférence. C'est des projections en perspective que nous allons nous occuper dans ce Livre. Exposons d'abord la théorie générale de la projection, aussi bien que cela peut se faire sans le secours de la haute géométrie (1).

Des projections.

La projection, en termes de perspective, signifie la représentation d'un objet sur le plan perspectif ou le plan du tableau. Car, dans tout tableau, on suppose entre

(1) Voyez *Euler*, Acta acad. Petropolit. I, p. 1. *Lagrange*, Mémoires de l'Académie de Berlin, année 1779. *Mollweide*, Analyse de la projection stéréographique, dans *Zach*, Correspond., XIV, 437 *sqq.*, 528 *sqq.*

l'objet à représenter et le point de vue, un plan qui intercepte tous les rayons de lumière dirigés de chacun des objets visibles au point de vue. Alors on conçoit une multitude de points d'intersection de ces rayons avec le plan du tableau. L'ensemble de ces points est l'image de tout ce qui se trouve sous la vue du spectateur. Chaque point d'intersection est la perspective du point d'où émane le rayon de lumière qui, en traversant le plan perspectif, vient aboutir au point de vue. Pour que la perspective d'une figure plane, comme d'un carré, d'un cercle, soit une figure semblable, il faut deux choses : premièrement, que le point de vue soit dans l'axe de la figure; secondement, que le plan du tableau soit perpendiculaire à cet axe. Si le plan à représenter se trouve dans un autre plus perpendiculaire à celui du tableau, il ne pourra être représenté que par une ligne droite. On ne peut voir un solide entièrement d'un seul point de vue, il en faut au moins deux. Pour qu'une sphère soit partagée en deux surfaces égales par la perspective simple, il faut que le point de vue soit à une distance infinie. La ligne droite, tirée du centre du globe au point de vue, est l'axe du grand cercle qui sépare l'hémisphère visible de celui qui ne l'est pas. On l'appelle *axe optique*.

La projection de la sphère se divise ordinairement en *orthographique* et *stéréographique*.

Lois de la projection orthographique.

La projection orthographique est celle où la surface de la sphère est représentée par un plan qui la coupe par le milieu, l'œil étant placé verticalement à une distance infinie des deux hémisphères. Voici les principales lois de cette projection (1) :

1° Les rayons par lesquels l'œil voit à une distance infinie sont parallèles. 2° Une droite perpendiculaire au plan de projection se projette par un seul point, qui est celui où cette ligne coupe le plan de projection. 3° Une

(1) *D'Alembert*, Encyclopédie méthod., au mot *Projection*.

droite qui n'est point perpendiculaire au plan de projection, mais qui lui est parallèle ou oblique, se projette par une ligne droite terminée par des perpendiculaires menées sur le plan de ses extrémités. 4° La projection de la ligne est la plus grande possible quand elle est parallèle au plan de projection. 5° De là il s'ensuit évidemment qu'une ligne parallèle au plan de projection se projette par une ligne qui lui est égale; mais que, si elle est oblique au plan de projection, elle se projette par une ligne moindre qu'elle. 6° Une surface plane, si elle est perpendiculaire au plan de projection, se projette par une simple ligne droite; et cette ligne droite est la ligne même où elle coupe le plan de projection. 7° De là il est évident que le cercle dont le plan est perpendiculaire sur le plan de projection, et qui a son centre sur ce plan, doit se projeter par le diamètre qui est sa commune section avec le plan de projection. 8° Il est encore évident qu'un arc de cercle, dont l'extrémité répondrait perpendiculairement au centre du plan de projection, doit se projeter par une ligne droite égale au sinus de cet arc, et que son complément se projette par une ligne qui n'est autre chose que le sinus verse de cet arc. 9° Un cercle parallèle au plan de projection se projette par un cercle qui lui est égal; et un cercle oblique au plan de projection se projette en ellipse.

Lois de la projection stéréographique.

La projection stéréographique est celle où la surface de la sphère est représentée sur le plan d'un de ses grands cercles, l'œil étant supposé au pôle de ce cercle. Dans la projection stéréographique, le globe est considéré comme un solide transparent. L'hémisphère représenté est celui qui est opposé à l'hémisphère dans lequel l'œil est supposé se trouver. Voici les principales lois de la projection stéréographique.

1° Tout grand cercle, passant par le centre de l'œil, se projette en ligne droite. 2° Un cercle, placé perpendiculairement vis-à-vis de l'œil, se projette par un cercle semblable. 3° Un cercle, placé obliquement par rapport à

l'œil, se projette par un autre cercle dont le rayon s'accroît en raison de l'obliquité. 4° Si un grand cercle se projette sur le plan d'un autre grand cercle, son centre se trouvera sur la ligne des mesures, c'est-à-dire, sur la projection du grand cercle qui passe par l'œil, et qui est perpendiculaire au cercle à projeter et au plan de projection. Le centre du cercle projeté sera distant du centre du cercle primitif ou de projection, de la quantité de la tangente de son élévation au-dessus du plan primitif ou de projection. 5° Un petit cercle se projettera par un autre cercle dont le diamètre (si le cercle à projeter entoure le pôle du cercle primitif) sera égal à la somme des demi-tangentes de la plus grande et de la plus petite distance au pôle du cercle primitif, ces tangentes étant prises chacune dans la ligne des mesures du même côté du centre du cercle primitif. 6° Dans la projection stéréographique, les angles que font les cercles sur la surface de la sphère sont égaux aux angles que les lignes de leurs projections respectives font entre elles sur le plan de projection (1).

En partant de ces principes, on a trouvé les procédés qui servent pour tracer des mappemondes suivant l'une ou l'autre de ces projections (2).

Trois sortes de projections stéréographiques.

On distingue trois sortes de projections stéréographiques qui sont d'un usage commun : 1° celle sur le plan de l'équateur, qu'on nomme *polaire*, parce que l'œil est supposé à l'un des pôles; 2° celle sur le plan d'un méridien, ordinairement celui de l'île de Fer, qui coupe le globe en deux *hémisphères*, l'un contenant l'Amérique, et l'autre l'Europe, l'Asie et l'Afrique; 3° celle sur le plan de l'horizon d'un lieu quelconque.

Projection polaire.

Expliquons d'abord le tracé de la projection polaire. En supposant l'œil à l'un des pôles, le tableau sera le plan même de l'équateur; les méridiens seront projetés par des droites, et les cercles parallèles à l'équateur le seront par des cercles concentriques.

(1) *D'Alembert*, loc. cit. (2) *Puissant*, Topographie, 117 *sqq.*

Tracé des méridiens. Voici comment on trace les méridiens. Soit, *fig.* 19, AP le rayon représentant celui de la sphère terrestre, et ABCD un des grands cercles de cette sphère. Le centre P étant pris pour la projection de l'axe optique ou du point de vue placé au pôle, la circonférence ABCD sera la projection de l'équateur. Or, comme les plans des méridiens se coupent tous suivant l'axe de la terre, qui est perpendiculaire à ABCD, la projection du premier méridien pourra être représentée par un diamètre quelconque ; par exemple, soit AB. Maintenant, si on divise la demi-circonférence ACB en vingt parties égales, et si, par tous les points de division, l'on mène des diamètres tels que (1) (30), (2) (40), et ainsi de suite, ils seront les projections des méridiens correspondans aux longitudes A (1), A (2) ; la différence de longitude de deux méridiens, tracés de cette manière, sera de 10 degrés, nouvelle mesure, ou 9 anciens, puisque l'arc AC, qui est le quadrant, et égal à 100 degrés nouveaux, ou 90 anciens, se trouve divisé en dix parties égales.

Tracé des parallèles. Pour obtenir la projection des parallèles à l'équateur espacés de 10 en 10 degrés, on élevera le diamètre CD perpendiculaire à AB, et l'on tirera les droites D (1), D (2), D (3), et les suivantes qui couperont le diamètre AB aux points *d'*, *d''*, *d'''*, et ainsi de suite. Puis, en faisant tourner autour du point P, comme le centre commun, les rayons P*d'*, P*d''*, on décrira les cercles qui seront les projections cherchées. Dans cette méthode, D est pris pour point de vue, et les points *d'*, *d''*, *d'''*, sont les projections stéréographiques des points correspondans (1) (2) (3), appartenant aux parallèles des 10e, 20e, 30e degrés ; car si nous concevons que le cercle ABCD tourne autour du diamètre AB jusqu'à ce qu'il fasse un angle droit avec le plan de la figure, le rayon PD sera perpendiculaire à ce plan, le point C sera le pôle opposé au point de vue D, et les arcs A (1), A (2), etc., seront les latitudes respectives des parallèles à l'équateur ; par conséquent les traces A, *d'*, *d''*, etc., des rayons visuels

DA, D (1), D (2), représenteront, sur le plan perspectif, les points A (1) et (2).

Passons à la projection stéréographique sur un méridien. Dans cette méthode, le point de vue, toujours placé au centre de l'hémisphère opposé à celui qu'on veut représenter, est sur la circonférence de l'équateur, et la projection de ce grand cercle est une ligne droite perpendiculaire à l'axe des pôles de la terre. Projection équatoriale ou sur un méridien.

Les méridiens se projettent de la manière que nous allons indiquer, en nous servant de la *fig.* 20. Soit AB la projection de l'équateur, PP' l'axe de la terre, et C le centre de la carte ou la projection du point de vue sur le tableau ou sur le plan du méridien APBP', méridien que nous considérerons ici comme le premier. Tous les méridiens ayant PP' pour commune section, et leurs projections étant des cercles dont les circonférences passent nécessairement par P et P', il s'ensuit que leurs centres sont sur la droite AB. Divisons, comme précédemment, l'arc AP en dix parties égales, tirons le diamètre (1) (21), et, par ses extrémités, menons les droites P' (1), P' (21), qui couperont respectivement AB, que nous prolongerons, s'il est nécessaire, aux points m' et n'; ces points seront les projections ou les perspectives des extrémités du diamètre du méridien de la carte, passant par le point dont la longitude, à l'égard du premier méridien AP', est de 10 degrés, nouvelle mesure. Si donc, du milieu de $m'n'$, comme centre, avec un rayon $= \frac{m'n'}{2}$, on décrit l'arc Pm'P', on aura la projection du méridien cherché. En répétant la même construction pour les points de division (2) (3) et les suivans, on obtiendra les projections des autres méridiens; et, par une conséquence naturelle de la symétrie de la figure, ce qu'on aura construit dans le demi-cercle PAP' servira pour l'autre demi-cercle PBP'. Quant au méridien dont le plan est perpendiculaire au tableau APB, il y sera représenté par une droite qui coïncide avec l'axe PP'. Tracé des méridiens.

La longueur des rayons, pour décrire les méridiens,

pouvant devenir trop grande pour tracer ces cercles au moyen du compas, on se sert d'un instrument fort simple, composé de deux règles mobiles AC et CB, *fig.* 20, unies en C par une charnière qui leur permet de former un angle quelconque. On place un crayon au centre du mouvement de ces deux règles, on fait coïncider le point C avec le point *m'*; on fixe aux points PP' deux petites pointes de métal contre lesquelles on applique les bords des règles, le point C restant toujours sur *m'*; puis, sans faire varier l'angle ACB, on fait mouvoir l'instrument de manière que les règles s'appuient sans cesse contre les points PP'. Alors le crayon C décrit l'arc de cercle P*m'* P'. La raison de ce procédé est donnée par la géométrie élémentaire.

Tracé des parallèles.

Indiquons maintenant la projection des parallèles. Ces courbes circulaires doivent passer par les points de division correspondans (1) (19), (2) (18), (3) (17), etc., et leurs centres sont nécessairement situés sur le prolongement de l'axe PP'. On déterminera, par exemple, le centre de la projection du parallèle (9) (11) de la manière suivante. On menera les droites B (9), B (11); la première coupera PP' au point *r'*, la seconde au point *r*, et la distance *rr'* sera le diamètre du parallèle, qui est d'ailleurs déterminé par les trois points connus (9), *r*, (11); on n'a qu'à décrire un arc dont le centre sera au milieu de *rr'*, et le rayon égal à l'arc (9) P; ce sera sur la carte le parallèle de 90 degrés, nouvelle mesure.

Projection horizontale.

La *projection stéréographique horizontale* va nous occuper; c'est la plus intéressante application de cette méthode. L'horizon rationnel d'un lieu quelconque va nous servir de plan de projection; le point de vue est le pôle abaissé de cet horizon; le méridien qui passe par ce lieu est représenté par une ligne droite, et se nomme ordinairement *méridien principal*. Soit maintenant ABDE, *fig.* 22, l'horizon d'un lieu; son centre C sera la projection du point de vue ou du pôle de l'horizon. Soit encore AB le diamètre qui représente le méridien principal. Si l'angle

PCA est égal à la hauteur du pôle, et que DE soit perpendiculaire à AB, la droite PE coupera AB en un point p, qui sera la projection du pôle élevé du globe. Si de même la ligne EP' est prolongée jusqu'à ce qu'elle coupe la prolongation de AB en p', ce point sera la projection du pôle abaissé du globe. Les projections des méridiens qui passeront toutes par les points pp', auront en même tems leur centre sur la droite SS', perpendiculaire sur F ou sur le milieu pp'. On appelle SS' la *ligne des centres des méridiens*. Il est remarquable que la ligne CF est égale à celle AT, qui est la tangente de la hauteur du pôle. Pour achever de déterminer les projections des méridiens, il suffit d'en trouver un troisième point. Voici une méthode pour trouver cet élément (1).

Le méridien dont le plan est perpendiculaire au méridien principal AB, coupe l'horizon suivant la droite DE perpendiculaire à AB; donc si du point I comme centre, et avec un rayon TD, on décrit l'arc DPE, cet arc sera la projection du méridien passant par la longitude de 100 degrés, nouvelle mesure, ou 90 degrés anciens, à compter depuis le méridien principal AB. La projection de l'équateur ne présente pas plus de difficultés; car si on élève le diamètre QQ' perpendiculairement à PP', ce diamètre sera celui de l'équateur, et sa projection sur la carte sera qq'. Par conséquent, si du milieu de la ligne qq', comme centre, et avec un rayon$=\frac{qq'}{2}$ ou égal à la cosécante de la latitude du centre de la carte, on décrit l'arc DqE, ce sera la projection de la moitié de l'équateur. Maintenant nous devons nous rappeler le principe d'après lequel les projections stéréographiques de deux grands cercles de la sphère font entre elles les mêmes angles que les plans véritables de ces cercles. De là dérive la construction géométrique que voici : Du point p comme centre, et d'un rayon arbitraire, d'un rayon égal, par exemple, à pF, on décrira une circonférence que l'on

Tracé des méridiens.

(1) *Puissant*, Traité de Topographie, p. 123.

divisera en quarante parties égales, à partir de AB, si l'on ne veut tracer, comme précédemment, que quarante méridiens, et par tous les points de division l'on menera des rayons dont les prolongemens rencontreront la ligne SS' ou la ligne des centres en différens points x', x'', etc. Ces points seront les centres des projections des méridiens. L'emploi pratique de ce procédé étant souvent trop embarrassant à cause de la grandeur croissante du rayon R, on peut déterminer, par le moyen que nous allons indiquer, les points où les méridiens rencontrent les plans de projection.

Tracer les méridiens par points. D'un point quelconque pris sur la ligne AB ou son prolongement, du point F, par exemple, on abaisse perpendiculairement Fk sur la ligne PP', faisant, comme on sait déjà, un angle égal à la hauteur du pôle, et l'on porte la longueur Fk de F en k'; puis de ce dernier point comme centre, et avec un rayon = Fk', ou avec tout autre rayon pris à volonté, mais un peu grand, on décrit une circonférence que l'on divise de même en quarante parties égales. Ensuite on mène des sécantes $k'n'$, $k'n''$, $k'n'''$, par tous ces points de division; les extrémités n', n'', n''' de ces sécantes, terminées à la droite SS', se trouvent sur les traces mêmes des plans des méridiens; tirant donc des lignes droites qui passent par le centre de la carte, telles que $n'C\mu'$, $n''C\mu''$, $n'''C\mu'''$, les diamètres $n'\mu'$, etc., seront les traces cherchées des méridiens; et comme d'ailleurs ils doivent tous passer par le pôle p, on aura trois points de chaque méridien, par exemple, μ''', p, m'''; on décrira donc facilement les méridiens d'après un des procédés qu'on a indiqués précédemment.

Dans la pratique, comme on n'a pas ordinairement assez d'espace autour de la carte pour effectuer cette construction, fondée sur les principes de la géométrie descriptive, on peut porter Fk de F en k''; ce point sera alors ce qu'on nomme le *centre diviseur*; du reste, les procédés sont les mêmes.

Examinons maintenant comment on décrit les paral-

lèles à l'équateur. Leurs plans étant perpendiculaires au méridien principal AB, nous obtiendrons les diamètres de leurs projections comme nous avons obtenu ceux de l'équateur, c'est-à-dire, qu'après avoir divisé la circonférence ABDE en quarante parties égales, à partir du point P, on menera, de deux en deux, les droites (1) E, (1') E; et l'intervalle vv', intercepté entre ces droites et pris sur le méridien AB, sera le diamètre d'un parallèle. Dans le présent, le parallèle vv' appartient évidemment au 80e degré de latitude, puisque l'arc AP mesure la hauteur du pôle. Mais pour les parallèles qui sont très-éloignés du pôle supérieur p, la construction que nous venons d'indiquer ne peut plus être mise en pratique, parce que le point v se trouverait alors trop loin du centre de la carte. Pour obvier à cet inconvénient, on pourra tracer les intersections des plans des parallèles avec le plan de projection ADBE, intersections qui sont nécessairement parallèles au diamètre DE, et distantes de lui d'une somme égale $\frac{\text{sin. lat. du parallèle}}{\text{cosin. hauteur du pôle.}}$ Lorsque la latitude est australe, le pôle p étant le pôle boréal, cette valeur devient négative; ainsi, au lieu de la porter du côté de AC, on la porte du côté de CB. Il suit de là que si à une distance quelconque de la droite DE (*fig.* 23), on lui mène la ligne parallèle *de*, les points *d* et *e*, communs à cette parallèle et à la circonférence ADBE, appartiendront au parallèle cherché : mais ce parallèle passe en même tems par un point tel que v déterminé par la méthode précédente; donc on a les trois points nécessaires pour tracer une circonférence.

Tracé des parallèles.

Il y a d'autres méthodes d'exposer les trois projections stéréographiques (1), mais nous aimons mieux indiquer en peu de mots les avantages et les défauts de cette sorte de projection. Il suffit de jeter les yeux sur une carte de ce genre, pour reconnaître que les quadrilatères compris entre deux méridiens et deux paralèlles consécutifs, aug-

Propriétés de la projection stéréographique.

(1) *Robert Vaugondy*, Instit. géog., l. c.

ment d'étendue en allant du centre à la circonférence. Cet agrandissement résulte de l'obliquité que prennent les rayons visuels, en s'écartant de celui qui est perpendiculaire au tableau, qu'on nomme *l'axe optique*. Il suit de là que les régions placées vers les bords de l'hémisphère ont une étendue bien plus considérable que si elles se trouvaient au centre, et que l'on est induit en erreur lorsqu'on veut les comparer à celles qui occupent cette partie. Par exemple, la pointe de l'Afrique australe paraît beaucoup plus large que sur un globe, et dans la nouvelle Zemble les distances sud et nord sont rendues par des espaces bien plus grands que ne le sont les mêmes distances dans l'Inde. Cet inconvénient, qui est nul pour les géographes exercés, peut conduire les élèves à de fausses idées; mais il diminuerait si, dans l'instruction, l'on eût eu soin de bien expliquer les qualités des projections stéréographiques, et de mettre sous les yeux des commençans les trois sortes de planisphères polaires, équatoréal et horizontal, les défauts de l'un disparaissant toujours dans l'autre.

Mesure des distances sur une carte stéréographique.

La projection stéréographique n'admet pas, en général, l'emploi d'une échelle rectiligne pour comparer les distances respectives des lieux, distances qui se mesurent suivant l'arc de grand cercle qui joint ces lieux deux à deux; mais on peut toujours, par le moyen de la graduation même, mesurer la distance entre le centre de la carte et un point quelconque, et on peut par conséquent connaître, sur la projection horizontale relative à Paris, par exemple, la distance de cette ville à tous les autres points du globe. Cette propriété résulte de ce que tous les grands cercles qui passent par le centre de la carte, se coupant suivant l'axe optique, ont pour perspective des lignes droites menées par ce centre, et admettent une graduation semblable à celle qu'on remarque sur l'équateur des mappemondes construites sur le plan du méridien.

Si l'on veut mesurer la distance de deux points d'une carte stéréograghique, on peut (*fig.* 24) faire usage de

la construction suivante (1). Soit Z le zénith d'un lieu, C le centre de l'horizon ou la projection de Z et ZMB, XMB' les verticaux respectifs des deux points MM' donnés sur le globe par leurs longitudes et latitudes. Ces points auront évidemment pour perspectives ou traces *mm'*, en supposant l'œil en E. Or, si on prolonge les droites MM', *mm'*, elles se rencontreront en un point quelconque R, et la droite COR marquera sur le plan de projection CBB' la trace du plan MCM' du grand cercle à projeter. Donc les quatre points *m*, *m'*, O, O' se trouvent sur la projection du grand cercle qui passe par MM'; ainsi cette projection, qui est elle-même un cercle, sera entièrement déterminée. Cela posé, nous tracerons sur la carte la plus courte distance de la manière suivante. Nous porterons C*m* (*fig.* 25) de C en μ, et C*m'* de C en μ; nous tracerons les droites Eμn, E$\mu' n'$; ensuite, par *mm'* nous construirons le triangle *m'*E'*m* de manière que *m*E' soit égal à μE, et que *m'*E' le soit à μ'E; puis sur les prolongemens de E'*m'* et de E*m* nous porterons μn de *m* en *n''*, et $\mu' n'$ de *m'* en *n'''*; enfin, nous chercherons la commune section R des deux droites *m'm* et *n''' n''*, et nous menerons la droite RCO, qui sera la trace cherchée. Nous pouvons maintenant tracer l'arc de cercle O' *m'vm*O, dont la portion *m'vm* est la plus courte distance. On évaluera le nombre des degrés contenus dans la plus courte distance en considérant la droite *n''' n''*, qui est égale à MM' (*fig.* 24 *et* 25), comme corde de la circonférence ADB.

La projection stéréographique n'a point été connue des anciens. La première mappemonde de ce genre se trouve dans un ouvrage du commencement du 16e siècle, de ce même *Werner* de Nuremberg, qui a donné la première indication de la méthode des distances lunaires (2). Origine de la projection stéréographique.

(1) *Puissant*, Traité de Topographie, p. 127. (2) *J. Werner*, de quatuor orbis terrarum figurationibus, ad calcem : *Ptolomæi geograph.*, *lib. I*, *vers. ab eodem.*

Il en devait l'idée à son maître, l'astronome *Stabius* (1). Cent cinquante ans plus tard, l'usage de cette projection paraît avoir été général. *Varenius* en marque les trois modifications. *Hasius*, géographe allemand, qui vécut au commencement du 18e siècle, appliqua les projections stéréographiques à des cartes spéciales. Cette méthode laborieuse, mais favorable à l'exactitude des détails de position, est peu suivie en France, où l'on réserve la projection stéréographique pour les mappemondes.

Projections orthographiques.

Passons à l'explication des *projections orthographiques*, qu'on pourrait aussi appeler *planétaires*, puisque leur objet principal est de montrer l'image directe de la moitié du globe, l'œil étant supposé à une distance infinie, c'est-à-dire assez grande pour que tous les rayons visuels soient censés parallèles. Comme ces rayons sont perpendiculaires au plan de projection, tandis que les parties latérales de la sphère se présentent de plus en plus obliquement à ce même plan, il est facile de sentir, même sans démonstration, que cette projection, offrant le défaut contraire de la stéréographique, fait diminuer les espaces du centre à la circonférence. Cette diminution, infiniment plus forte que celle qu'on remarque dans la projection précédente, donne même aux extrémités d'un planisphère orthographiquement projeté, un aspect trop défiguré pour pouvoir, en général, remplir aucun des buts que se propose la géographie. C'est une raison suffisante pour n'indiquer ici que très-brièvement ce qui regarde les constructions orthographiques.

Projection polaire.

La figure 26 indique la projection polaire. Les lignes AB et CD sont deux méridiens qui se coupent à angles droits en E, qui est la projection du pôle et le centre de la carte. La circonférence ABCD est l'équateur sur le plan duquel on projette la carte. On divise cette circonférence en parties égales de 10 degrés en 10, ou de 5 en 5; les diamètres qui passent par les points *a'a''*, *b'b''*, etc., et

(1) *Comp. Weidler*, Histor. astron., cap. XIV, nos 3 et 4.

par le centre E, seront les méridiens. Abaissez des points *a'b'*, etc., des perpendiculaires sur le diamètre CD ; elles détermineront les rayons E1, E2, etc., avec lesquels vous décrirez les cercles parallèles à l'équateur.

Dans la projection sur un méridien, on procède de la manière suivante. Tirez les lignes AB et CD (*fig.* 27), se coupant à angles droits ; l'un sera le méridien du milieu, l'autre l'équateur. Leur intersection E est le centre du plan de projection, circonscrit par le méridien ABCD. Il faut diviser cette circonférence en parties égales, puis unir les points de division, les diamètres *a'a"*, *b'b"*, etc., qui seront les communes sections des méridiens avec le plan de l'équateur. Les angles *a'*ED, etc., désigneront l'inclinaison de ces méridiens sur le plan de projection. Abaissez maintenant des points *a'b'*, etc., sur le rayon ED, les perpendiculaires *a'*1, *b'*2, etc., qui seront les sinus des angles d'inclinaison de ces méridiens mesurés sur l'équateur ; les parties E1, E2, etc., seront les sinus verses de ces inclinaisons, et par conséquent les petits axes des ellipses qui doivent représenter les méridiens. La ligne AB, projection de l'axe du globe, est le grand axe de ces ellipses. Les parallèles à l'équateur se tracent très-simplement ; on n'a qu'à joindre par une ligne droite les points de division du cercle ABCD, équidistans du diamètre CD, et se trouvant du même côté. Ce diamètre étant la projection de l'équateur, les cordes *a'* (1) *b'* (2) et autres qui lui sont parallèles, seront les projections des cercles parallèles. Projection équatoréale.

L'inspection de la figure montre les inconvéniens de cette projection ; savoir, l'extrême rétrécissement des parties latérales et l'obliquité toujours croissante de l'angle sous lequel les parallèles coupent les méridiens. Cependant il est en même temps évident qu'un semblable planisphère offre au sens une image plus frappante d'un corps sphérique que ne le fait un planisphère stéréographique ; ainsi les commençans, qui ne peuvent pas toujours étudier sur un globe, parviendraient peut-être, en se servant

de tems à autre d'une mappemonde projetée orthographiquement, à s'inculquer plus profondément l'idée de la sphéricité de la terre (1). Cet avantage se fait encore plus sentir dans la projection orthographique horizontale, dont nous allons parler.

Projection horizontale, tracé des méridiens.

Les méridiens, dans cette projection, sont des ellipses dont les grands axes coïncident avec les traces mêmes des plans de ces méridiens. On détermine ces traces par les mêmes méthodes que celles que nous avons indiquées pour la projection horizontale stéréographique. Il ne reste donc qu'à montrer comment on obtient les petits axes. Soit (*fig.* 28) l'angle DCP égal à la hauteur du pôle; soient en outre m'' μ'' la trace d'un méridien, et DE la projection du méridien principal. Pour avoir la projection orthographique du pôle P élevé, on abaissera sur CD la perpendiculaire *Pp*, et on aura le point P. Maintenant, pour avoir l'angle que le plan du méridien μ'' pm'' fait avec celui du tableau ou avec le plan horizontal, on abaissera du point *p* la droite R perpendiculaire sur $\mu''m''$; on fera *p*R' égal à *p*R, et l'on menera la droite R'P, qui formera avec DE l'angle cherché. Les rapports trigonométriques de cet angle et de son cosinus donnent ensuite cette construction géométrique: menez C*n* parallèle à R'P, et du point *n* la droite *nt* parallèle à P*p*; décrivez du point C avec un rayon égal à C*t*, un arc *tn'*, terminé à la rencontre de C*n'*, mené perpendiculairement à la trace ou au grand axe $\mu''m''$; alors la ligne C*n* sera la projection orthographique du rayon C*n*, ou le petit axe demandé. On n'a donc qu'à décrire l'ellipse dont les deux axes sont donnés.

Projection des parallèles.

La projection des parallèles, abstraction faite des calculs qui lui servent de fondement, peut s'effectuer de la manière suivante. Supposons qu'on veuille projeter le parallèle dont la distance au pôle élevé est mesurée par l'arc P*b* ou P*a*. Des points *a* et *b*, on abaissera sur le méridien

(1) *Mollweide*, dans *Zach*, Correspond., XII, 161.

principal DE les perpendiculaires *aa'*, *bb'*, et la ligne *a' b'* sera le petit axe de projection du parallèle à décrire. Pour trouver le grand axe, on divisera en parties égales et en nombre pair la corde *ab*; on cherchera sur DE les projections de tous les points de division, comme on l'a fait pour les points *a* et *b*; ensuite, après avoir mené par ces mêmes points des *ordonnées* (1) dans le demi-cercle *axb*, on portera sur les ordonnées correspondantes de l'ellipse à tracer, les longueurs des premières; on aura par ce moyen les principaux points de cette ellipse, et l'ordonnée du milieu *yx* sera le demi-grand axe *y' x'* qu'on demandait.

Outre la projection orthographique et la stéréographique, il y a une troisième projection en perspective, qu'on nomme *centrale*. On l'obtient en plaçant le point de vue au centre de la sphère, et en prenant pour tableau un plan tangent à sa surface. Il serait inutile de démontrer comment il faut modifier, dans ce cas, les procédés que nous avons donnés ci-dessus pour construire les projections équatoréales, polaires et horizontales; il faut tirer du point C des *figures* 19-21, citées précédemment, les rayons visuels qui déterminent la section faite par le plan du tableau dans les cônes, perpendiculairement aux cercles à représenter; il faut prendre le tableau parallèle à celui qui passe par le centre, et tangent au cercle ADBE. On verra alors que, dans la projection sur le plan du premier méridien, les méridiens seront des lignes droites perpendiculaires à l'équateur, qui sera lui-même une ligne droite; les parallèles à l'équateur seront des hyperboles; dans la projection polaire, les méridiens seront des lignes droites tirées du centre de la carte; les parallèles à l'équateur, des cercles ayant leur centre à ce point; dans la projection horizontale, enfin, les méridiens seront des lignes droites menées par la projection du pôle supérieur. Le parallèle du lieu auquel se rapporte la projection sera re- Projection centrale.

(1) Une ordonnée est une ligne droite tirée d'un point de la courbe à une autre ligne fixe qui fait avec cette dernière un angle déterminé.

présenté par une parabole ; ceux qui sont plus près du pôle, par des ellipses ; et les autres, de chaque côté de l'équateur, par des hyperboles. On sent que cette projection altère encore plus que la stéréographique, l'étendue des régions à mesure qu'elles s'éloignent du centre de la carte ; elle ne peut même représenter un hémisphère entier, parce que les rayons visuels, menés par la circonférence qui termine cet hémisphère, sont indéfinis, étant parallèles au plan du tableau ; elle peut néanmoins être employée avec avantage pour retracer des parties du globe dont l'étendue ne serait pas très-considérable ; car, dans cette projection, tous les lieux situés sur le même grand cercle se trouvent de même, sur la carte, placés sur une ligne droite (1) ; elle est susceptible d'une espèce d'échelle dont la construction n'est pas difficile à trouver. C'était sans doute par cette raison que M. Prony s'était proposé de s'en servir dans les cartes du cadastre. Cette projection, presque inconnue en géographie, s'emploie pour les cadrans solaires.

Propriétés de cette projection.

Défauts de toutes les projections.

Telles sont les trois principales projections du globe que les règles de la perspective admettent. On voit qu'aucun des planisphères tracés d'après ces projections, ne réunit toutes les qualités d'une représentation parfaite du globe ; elles altèrent nécessairement la figure des pays, soit au milieu, soit vers les bords de chaque hémisphère ; elles ne représentent point les espaces réellement égaux sous des dimensions égales : la même chose a lieu pour la plupart des distances. Il n'est pas non plus possible d'obtenir dans la projection stéréographique, ni dans l'orthographique, que les lieux situés en ligne droite sur le globe, c'est-à-dire sur un même grand cercle, soient également représentés dans la mappemonde sur une ligne droite. Enfin, l'inégalité nécessaire dans la projection des espaces ne permet pas de trouver avec facilité la longitude et la latitude exactes d'un

(1) *Lagrange*, Mém. sur les Cartes géographiques, dans les *Mém. de Berlin*, 1779, p. 162.

lieu. En vain, pour remédier à ces inconvéniens, a-t-on proposé divers moyens propres à modifier la projection stéréographique. Le savant astronome de Lahire (1) voulut qu'on supposât l'œil du spectateur hors du globe, et distant de sa surface convexe de la valeur du sinus de 45 degrés; c'est-à-dire que le méridien BD, *fig.* 29, étant de 200 parties, il faut le prolonger hors du cercle ABCD de 70 parties, et ensuite tirer du point F les droites F*a*, F*b*, etc., dont les intersections avec le diamètre AE détermineront les petits axes C*x*, C*y*, etc., des ellipses qui représenteront les méridiens. Le géomètre Pareut observa que, dans cette projection, le rayon du méridien, distant de 45 degrés du méridien principal, coupe à la vérité le demi-diamètre en deux portions égales, mais qu'on pouvait encore se demander à quelle distance il faut placer l'œil pour que toutes les inégalités entre les divisions du demi-diamètre soient les moindres possibles; il trouva que si BD est égal à 200 parties, il faut prendre le point de vue à une distance de 59 $\frac{1}{2}$; mais il faut le placer à 110 $\frac{1}{2}$, si l'on veut que les zones de l'hémisphère occupent respectivement un espace proportionné à celui qu'elles offrent sur le globe. Modifications proposées par Lahire et Parent.

Ainsi, ces sortes de projections stéréographiques modifiées, outre qu'elles perdent l'avantage de présenter les méridiens et les parallèles se coupant à angle droit, ne peuvent conserver en même tems l'égalité des espaces et celle des configurations.

C'est une vérité généralement démontrée, que toutes les conditions d'une représentation parfaite de la surface terrestre ne pourraient être réunies qu'autant que la terre fût un cône ou un cylindre, ou enfin, un corps quelconque à simple courbure (2). Si donc nous pouvons

(1) Histoire de l'Académie des sciences, pour l'an 1701, pag. 97.

(2) *Lambert*, Mémoires sur les Mathématiques mixtes, III, p. 105 (en all.). *Euler*, Mém. sur les Solides développables, dans les *Novi Comment. Petrop.*, XVI, 2.

trouver un corps de cette nature qui se rapproche beaucoup du sphéroïde, nous substituerons sa surface à celle de ce dernier, et nous obtiendrons des représentations qui, selon le choix que nous aurons fait de la surface développable, répondront à l'une ou à l'autre des conditions d'un tableau fidèle. C'est ce que nous allons expliquer dans le Livre suivant.

LIVRE VINGT-SEPTIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Des Cartes géographiques et hydrographiques par développement conique et cylindrique. Des Projections par parties proportionnelles.

PARMI tous les corps qui peuvent être exactement retracés sur un plan, le cône et le cylindre ont le plus d'affinité avec la sphère; le cône surtout offre l'avantage qu'une petite zone conique ne diffère presque pas d'une zone sphérique. Aussi ce sont les développemens coniques qui fournissent les meilleures projections des cartes géographiques spéciales, et même, à l'aide de quelques modifications, pour des parties considérables du globe. C'est donc par l'explication de ces sortes de cartes que nous allons commencer.

Dans la projection purement conique, on considère une zone sphérique comme se confondant avec la surface d'un cône tronqué qui lui est tangent. Si on développe cette surface, les parallèles deviennent des cercles droits du sommet du cône, pris pour centre; les méridiens sont des droites qui passent toutes par ce même point, et se dirigent vers la base du cône. Afin de mieux fixer les idées à cet égard, ayons recours à la *figure* 30. Soit PC le rayon de la sphère, M un lieu situé à la latitude EM, et OM la cotangente de cette latitude. Le développement du parallèle moyen a pour rayon la cotangente de sa latitude, et pour amplitude l'arc égal à la circonférence dont MR est le rayon. Projection conique simple.

Du point O, pris pour centre et avec le rayon OM, nous décrirons un arc indéfini NN', et prenant OG pour le méridien du milieu de la carte, nous ferons l'angle NOM égal à la moitié du nombre de grades contenus

dans le parallèle moyen. Supposons, par exemple, que ce parallèle comprend 25 degrés sur le globe, et que la différence en latitude des parallèles extrêmes soit de 30 degrés; le parallèle moyen aura sur la carte un nombre de degrés exprimés par $\frac{MR}{OM} \cdot 25$ degrés. Telle est l'amplitude de cet arc; puisque les nombres de degrés contenus dans deux arcs de même longueur sont entre eux comme leurs rayons. Ainsi l'angle MON étant égal à $\frac{MR}{OM} \cdot \frac{25 \text{ deg.}}{2}$, il est évident que les projections des méridiens feront entre eux des angles moindres que sur le globe, puisque MO est toujours plus grand que MR. Par conséquent, les parallèles de la carte, tant supérieurs qu'inférieurs au parallèle moyen, excéderont ceux du globe dont ils sont les projections; et plus on étend la carte dans le sens des latitudes, plus les deux extrémités offriront une proportion inexacte. Pour marquer dans la projection ces parallèles extrêmes, on prend sur l'axe de la carte OG, deux parties M*a* et M*b* égales à la moitié de différence de latitude des parallèles extrêmes; par exemple, à 15 degrés dans le cas proposé. On représente ensuite ces parallèles par les arcs DD' et EE', et on finit par partager en parties égales le méridien du milieu et le parallèle moyen; ce qui donnera la graduation de la carte.

Modifications de la projection conique.

Les défauts de cette projection sont de ne point conserver l'égalité entre les espaces, et de ne donner les distances vraies que dans le sens des méridiens. Pour y remédier, on a essayé deux moyens : l'un consiste à prendre au lieu du cône tangent un cône inscrit en totalité ou en partie; l'autre, c'est d'altérer la projection rectiligne des méridiens.

Si, en place de l'arc *ab*, *fig.* 31, on prend la corde qui le sous-tend pour le côté du cône à développer, les rayons des projections des parallèles extrêmes seraient AO et BO, et la position respective des points placés sur la carte serait à la vérité sur ces parallèles; mais ceux qui se trou-

veraient entre les parallèles ne pourraient nullement conserver leurs véritables positions. Cette méthode n'est donc bonne que pour une zone de peu de largeur.

Projection de De l'Isle de la Croyère.

L'astronome De l'Isle de la Croyère, qui fut chargé de construire une carte générale de l'empire de Russie, carte qui, stéréographiquement tracée, offrirait des difformités choquantes, fit choix de la projection conique; mais, pour la perfectionner, il imagina de faire entrer le cône dans la sphère, de manière qu'il la coupât suivant deux parallèles placés chacun à égale distance du parallèle moyen, et de l'un des deux parallèles extrêmes. La carte avait, par ce moyen, sur les deux parallèles dont on vient de parler, la même dimension que la partie correspondante du globe; et son étendue totale différait peu de celle du pays qu'elle devait représenter, parce que l'excédant qui se trouvait aux deux extrémités de la carte, était au moins compensé en partie par le défaut qu'avait, à l'égard de la zone sphérique, la portion inscrite du cône. La carte comprenant depuis le 40e deg. de latitude jusqu'au 70°, le parallèle moyen répondait à 55°; les parallèles communs avec la sphère étaient ceux de 47° 30' et 62° 30'. Cette projection offre beaucoup d'avantages pour les cartes générales d'une étendue considérable, et dont le but principal est de démontrer l'ensemble d'un vaste empire (1).



Le célèbre Euler a fait des recherches profondes sur cette méthode de projection; il y substitue, à la détermination des parallèles qui doivent être communs avec la sphère, celle du point de concours des lignes droites qui représentent les méridiens, et de l'angle qu'elles font entre elles lorsqu'elles comprennent un degré de longitude. Ses calculs sont appuyés sur les conditions suivantes : 1° Que les erreurs soient égales aux extrémités méridionales et septentrionales de la carte; 2° qu'elles soient aussi égales à la plus grande de celles qui ont lieu vers le pa-



(1) *Mayer*, Introduction à la Construction des Cartes, §§ 31, 32.

rallèle moyen de la carte. Il en conclut que le point de concours des méridiens doit être placé au-delà du pôle d'une quantité égale à 5° de latitude ; et que l'angle de deux méridiens consécutifs doit être de 48' 44". Ce géomètre cherche ensuite de combien les arcs des grands cercles qui mesurent les distances sur le globe diffèrent des lignes droites qu'on leur substitue sur la carte ; et il trouve qu'un arc de 90° aurait sur la carte une longueur de 90°, 79, exacte à moins d'un centième près (1).

Projections de Murdoch. Un géomètre anglais, *Murdoch*, a proposé trois méthodes différentes pour rendre la projection conique plus conforme aux conditions d'une bonne carte (2). Ce savant s'étant expliqué d'une manière laconique, ses projections ont été moins appréciées à leur juste valeur que vantées ou blâmées sur parole. Nous en devons un exposé critique aux recherches des deux géomètres allemands (3). Mais nous nous écarterions de notre méthode générale de ne point parler le langage abstrait des mathématiques, si nous voulions donner une idée complète de toutes les règles de ces projections. La première présente deux parallèles parfaitement semblables à ceux de la sphère, et une surface conique égale dans sa totalité à la surface sphérique ; mais elle resserre les distances vers le milieu et les agrandit aux extrémités ; les espaces même ne sont point égaux, en partageant la carte par deux ou plusieurs zones (4). Cette projection offre cependant une représentation sensiblement fidèle, lorsqu'on n'en fait l'application

---

(1) *Euler*, Acta acad. Petropol. I, p. 1. (2) Philosoph. transact. vol. L., part. II, p. 554 et suiv. (3) *Mayer*, Introd., p. 298-311. *Albers*, dans *Zach*, Correspond. astron., XI, 98-114, 240-250.

(4) « Soit, dans la *figure* 32, C. le centre de la terre, Q un point de l'équateur, P. l'un des pôles, QMP un méridien, A et B les points d'intersection de deux parallèles. Supposons QA = α = 70 degrés de latitude (anc. mes.) et QB = β = 10°. QM = μ = $\frac{1}{2}(\alpha + \beta)$ sera = 40°. Il faut maintenant que la zone de la sphère, limitée par A et B, soit représentée sur une surface conique égale en étendue à la zone sphérique, et de manière que la largeur de la zone sphérique soit égale à l'arc BA. En d'autres termes, on cherche le quadrilatère NO *o n* qui, en tournant autour de l'axe *o n*, décrira une surface conique égale à la surface sphé-

qu'à des zones de 8 à 10 degrés de latitude. La seconde projection de Murdoch a pour but d'obtenir l'exactitude de la perspective, en plaçant l'œil au centre du globe comme dans la projection centrale; mais, pour que cette condition se trouve remplie, il faut que la carte soit pliée en forme conique, comme le sont les *coniglobia* célestes publiés en Allemagne par Funk. Cette dernière projection est susceptible d'une échelle croissante comme les cartes hydrographiques de Mercator, dont nous par- Coniglobes.

---

rique décrite par la révolution du segment BA ab, de manière que NO dans le cône reste égal à l'arc BA. »

» On voit que la ligne NO coupe l'arc BA dans les deux points ζ et ν, qui sont déterminés par les angles ζ CM et μ CM, dont la somme est égale chacune à δ. Si on prend le rayon de la sphère $= 57,29577$ degrés $= \rho$, on trouvera $\cos \delta = \dfrac{\sin \frac{1}{2}(\alpha - \beta)}{\frac{1}{2}(\alpha - \beta)}$

» On en conclut $Kp = R$, le demi-diamètre de la projection en degrés de latitude $R = Kp = \rho.\ \mathrm{cotang}\ \mu.\ \cos \delta$; ou, si l'on suppose $\rho.\ 15 = r$, en milles géographiques $R = r.\ \mathit{cot}.\ \mu.\ \mathit{cos}\ \delta$. »

» Dans l'exemple donné, nous aurons $\delta = 17^\circ\ 16'$, par conséquent $\nu = \mu, + \delta = 40^\circ + 17^\circ\ 16' = 57^\circ\ 16'$, et $\zeta = \mu - \delta = 40^\circ - 17^\circ\ 16' = 22^\circ\ 44'$, enfin $R = 978,1$ milles géographiques.

» Comme en outre $KO = MA = 30^\circ = 30.\ 15 = 450$ milles géog. et $KN = MB = 30^\circ = 30.\ 15 = 450$ m. g., on connait les deux extrêmes cercles de la zone conique par leurs demi-diamètres, savoir : $pO = R - KO = 978,1 - 450 = 528,1$ milles géog. et $pN = R + KN = 978,1 + 450 = 1428,1$ mil. géog. »

» La *fig.* 33 représente une projection conforme à ces données et comprenant 110 degrés; mais on n'y connait encore que les demi-diamètres pour les latitudes de $10^\circ = pN$, de $40 = R$ et de $70^\circ = pO$. Il est évident que les deux triangles pkK et CFM sont semblables, puisque les angles k et F sont tous les deux $= 90^\circ$ et l'angle $p = MCF = 90^\circ - MCp$. On en tire facilement la proportion $CM : MF = pK : Kk$ et comme CM $=$ sinus total $= 1$ et $MF = \mathit{sin}\ \mu$, nous substituerons à pK une longitude géographique quelconque, pour laquelle on veut calculer l'angle $SpW = \lambda$, et à Kk, l'angle cherché SpW, on aura la proportion $1 : \mathit{sin}\ \mu = \lambda : SpW$, c'est-à-dire : $SpW = \lambda.\ \mathit{sin}\ \mu$.

» Dans notre carte, qui doit comprendre 110 degrés de longitude, l'angle SpW sera $= 110.\ \mathit{sin}.\ \mu$. Donc

$$\begin{aligned} \log \lambda &= \log 110 = 2,0413927 \\ + \log \mathit{sin}\ \mu &= \log \mathit{sin}\ 40^\circ = 9,8080675 - 10 \\ \log SpW\ 1,8494602 &= \log 70,7066 \end{aligned}$$

et par conséquent l'angle $SpW = 70^\circ\ 42'$, puisqu'il n'y a pas d'inconvénient à négliger les 0,0066 qui font 24".

lerons ci-après. La troisième projection de Murdoch ne paraît rien offrir d'avantageux.

Quelque ingénieuses que soient les modifications par lesquelles on a essayé de perfectionner la projection conique, il est évident qu'elles aboutissent toutes à faire perdre à cette projection sa simplicité et sa facilité primitive, sans obtenir complètement les autres avantages qu'on voudrait lui donner. Dans les projections d'après Murdoch et Euler, il y a toujours quelque partie de la carte où les espaces sont un peu trop grands ou un peu trop petits ; les erreurs sur les distances, dans la première projection de Murdoch, peuvent aller à $\frac{2}{11}$. Il est vrai que

Projection d'*Albers*.

cette projection, corrigée par *Albers* [1], offre des proportions telles que dans le plus petit carré, circonscrit par deux parallèles et deux méridiens, les défauts en plus et en moins se détruisent les uns les autres, de sorte que les espaces sont partout dans la juste proportion ; cepen-

---

» On partage maintenant l'angle SpW sur l'arc SW en onze parties égales, et par-là on détermine les méridiens de la carte de 10° en 10°. » (*Albers*, loc. cit.)

Cet auteur montre ensuite comment, en prenant un méridien principal st, on peut calculer les points d'intersection de tous les méridiens avec les parallèles extrêmes.

Il donne ensuite, pour la détermination des parallèles restans, la méthode suivante, conforme aux conditions que Murdoch s'est imposées.

« $K\alpha$ est $= K\zeta$. Dans le triangle $CK\alpha$, qui est rectangle en K, le côté $K\alpha = r.\sin KC\alpha = r.\sin \delta$; et de même dans le triangle $CK\zeta$, le côté $K\zeta = r.\sin \delta$. Pour notre carte nous aurons

$$\log r = \log (57,29\ldots \times 15) = \log 859,4366 = 2,9342139$$
$$+ \log \sin \delta = \log \sin 17^\circ 16' = 0,4724922 - 10$$
$$\log K\alpha = \log K\zeta - 2,4007061 = \log 255,1$$

Donc $K\alpha = K\zeta = 255,1$ milles géographiques ; d'où l'on conclut facilement $p\alpha = pK - K\alpha$ et $p\zeta = pK + K\zeta$. »

Mais Murdoch se contente de tracer les parallèles en divisant TS ou VW, *fig.* 33, en parties égales ; procédé irrégulier, contraire aux conditions du problème, et qui cependant diminue les défauts de la carte. M. Albers a cherché et découvert une loi géométrique pour tracer les parallèles de manière à rendre les espaces plus conformes à ceux de la sphère. Voyez le mémoire complet d'*Albers*, dans le vol. XII des *Annales des Voyages et de la Géographie*.

[1] Voyez le Mém. cité.

dant les distances, prises dans le sens direct de quatre points cardinaux, ne se retrouvent point exactement, et la configuration des pays est altérée dans ces mêmes directions.

Les géographes ont donc cherché, pour leurs cartes spéciales, des projections plus commodes et qui ne se rapportent que très-indirectement au développement d'une figure régulière quelconque.

« Il suffit, dit un illustre géomètre, pour l'exactitude mathématique d'une carte, que les parallèles et les méridiens y soient tracés d'après une loi géométrique constante quelconque (1). » On peut donc imaginer un grand nombre de projections parmi lesquelles il suffit d'en remarquer quelques-unes.

Première méthode de Ptolémée.

La première méthode proposée par Ptolémée pour dessiner le monde connu de son tems, est une altération de la projection conique, assez rapprochée de la méthode de Delille (2). Il place l'œil dans le plan d'un méridien quelconque de l'hémisphère contenant le monde connu, et sur le prolongement du rayon de la sphère qui coupe ce méridien à 45° lat. N. Il fait ensuite « tourner le globe de » sorte que les méridiens se présentent successivement à » l'œil comme des lignes droites se réunissant au pôle, et » que les parallèles se montrent comme des arcs de cercle » ayant leur partie convexe tournée au midi. » Ces mots prouvent qu'il n'est pas du tout question d'une perspective stéréographique; la position de l'œil n'est indiquée que pour démontrer la possibilité de voir les méridiens projetés par une ligne droite. Les rapports qu'ont les arcs des parallèles dans cette projection (*fig.* 34), sont déterminés d'après une échelle arbitraire dont le résultat est de rendre l'arc du méridien PF = 40,000 stades, exactement proportionné à l'arc de parallèle de lat. de Rhodes HKL = 72,000 stades. Le parallèle de latitude de Thule OPQ

(1) *Lagrange*, Mém. sur la Construction des Cartes, 2e sect.
(2) *Ptol.* Géog. I, cap. 21.

et l'équateur RST ont aussi entre eux la même proportion que sur le globe ; mais ils sont trop grands comparés à HKL. Comme Ptolémée étendait le monde connu à 16 degrés et demi au sud de l'équateur, il trace à cette latitude l'*antiparallèle* de Méroë, lieu situé à 16 $\frac{10}{2}$ au nord de l'équateur ; il divise cet arc comme celui qui passe par Méroë, et marque les méridiens en tirant des droites entre ces points de division et ceux de l'équateur. Cette projection n'est, comme on voit, qu'une altération grossière de la projection conique. Aussi Ptolémée préfère une autre méthode dont nous allons donner un aperçu rapide (1).

Deuxième méthode de Ptolémée. L'œil est placé dans le plan du méridien qui partage par le milieu le monde connu, et sur le prolongement du rayon de la sphère tiré par la commune intersection de ce méridien avec le parallèle de Syène, censé être le parallèle moyen du monde connu. Soit par conséquent ABCD, *fig.* 35, le grand cercle qui circonscrit l'hémisphère contenant le monde connu de Ptolémée ; soient A et C les pôles, BFD l'équateur, AFC le méridien moyen du monde connu, et E son point d'intersection avec le parallèle de Syène ; alors une ligne tirée du centre T par le point E en S sera la ligne dans laquelle se trouve l'œil. Si maintenant on tire par le point E un grand cercle dont BED est la moitié, l'œil se trouvera aussi dans son plan, parce qu'il est dans sa commune intersection avec le plan du méridien AEC. D'où Ptolémée conclut « que les demi-cercles » BED et AFC se présenteront comme des lignes droites » qui se coupent à angle droit ; qu'au contraire l'équateur » et tous ses parallèles, attendu que leurs plans ont la » même inclinaison contre le plan du grand cercle BED » dans lequel se trouve l'œil, paraîtront comme des arcs » de cercles parallèles, ayant leur partie convexe tournée » au sud ; enfin que les méridiens, situés de deux côtés » du méridien moyen AEC, seront vus comme des arcs » de cercle dont la concavité est tournée vers le méridien

(1) *Ptol.* Géog. I, c. 24.

» moyen, et qui deviennent de plus en plus concaves à » mesure qu'ils s'en éloignent. » Mais, au lieu de développer ces principes conformément à la perspective, Ptolémée détermine les lignes de sa projection d'après des proportions arbitraires, combinées de manière à conserver autant que possible la configuration des pays. « Tracez, dit-il, le parallélogramme rectangle ABCD, *fig.* 36, de manière que le côté AB soit double du côté BD. Coupez-le en deux également par la perpendiculaire EF, que vous diviserez en 90 parties. Prolongez cette ligne de 91 parties $\frac{5}{4}$ pour avoir le centre L. Prenez FG de 16 parties $\frac{5}{12}$ pour tracer de l'ouverture LF le parallèle de Méroë SX. Faites GH de 23 $\frac{5}{12}$ pour avoir, avec le rayon LH, le tropique du Cancer TY. Prenez GK de 63 parties, et de KL, décrivez le parallèle de Thule QR. Portez sur ces trois parties de circonférences TY, QR, SX, les degrés convenables aux parallèles qui leur répondent et dans les rapports qu'ils ont avec ceux de l'équateur; et par les trois points correspondans QTS, RXY, etc., faites passer des portions de circonférences; elles seront les méridiens demandés.

Cette projection est encore employée, quoique avec des modifications essentielles, pour figurer des parties considérables du globe. La meilleure des méthodes qui dérivent en quelque sorte de celle de Ptolémée, est celle employée par Flamsteed dans son atlas céleste, et dont, si je ne me trompe pas, le perfectionnement est dû à *Bonne*, un des plus habiles géographes français. Les principes de ce développement sont de décrire tous les parallèles d'un même centre, pris dans l'axe de la carte, et de prendre ensuite sur chaque parallèle les degrés de longitude tels que les donne la loi de leur décroissement, c'est-à-dire proportionnels au cosinus de leur latitude, et enfin de faire passer par une même série de points de division correspondans, une ligne courbe qui représente le méridien. Quelle que soit la position du centre sur l'axe de la carte, cette projection jouit de la propriété

Modification de la projection de Ptolémée

de représenter par des quadrilatères égaux chaque quadrilatère correspondant formé sur la surface du globe par deux méridiens et deux parallèles quelconques (1). Les quadrilatères ont d'ailleurs deux de leurs cotés opposés égaux en longueur aux côtés correspondans sur la sphère, quoique différens par leur courbure. Le premier méridien y est rectiligne et coupe tous les parallèles à angle droit; les suivans sont des courbes qui les coupent plus ou moins obliquement à mesure qu'ils s'éloignent du méridien principal; ce qui fait que les quadrilatères qu'ils comprennent s'allongent dans le sens de l'une de leurs diagonales, et se rétrécissent dans le sens de l'autre. C'est là le principal défaut de ce développement; mais il ne devient sensible qu'à une distance déjà considérable du centre de la carte.

Projection de Flamsteed. Ce défaut était très-sensible dans l'atlas de Flamsteed, parce que cet astronome, ayant prolongé indéfiniment l'axe de sa carte, a tracé les parallèles par des rayons infinis, c'est-à-dire qu'ils sont dans la carte des lignes droites coupant les méridiens de l'extérieur de la carte sous des angles très-obliques; d'où il résulte une grande altération dans la configuration des pays éloignés du centre, ainsi qu'on peut le juger d'après la *fig.* 37.

Correction de cette projection. On obvie à cet inconvénient en tirant le parallèle moyen de la carte de sorte qu'il soit coupé perpendiculairement par tous les méridiens. Pour cela, il suffit de prendre une droite égale à la cotangente de la latitude du parallèle qui divise à peu près également dans le sens des méridiens la région qu'on se propose de représenter, et avec cette droite, comme rayon, de décrire le parallèle moyen de la carte; les autres parallèles se décriront du même centre avec le même rayon, augmenté ou diminué d'une quantité égale à la partie du méridien comprise entre le parallèle moyen et celui qu'il s'agit de tracer. Il

(1) *Mollweide*, Démonstration analytique de la project., etc. *Zach*, Correspond. astronom., XII, 144.

n'est pas nécessaire de dire qu'on doit également faire accorder le méridien principal de la carte avec celui qui, dans le sens des parallèles, partage la carte en deux portions égales. C'est un principe qu'il faut observer dans tous les développemens du globe.

La projection corrigée de Flamsteed étant aujourd'hui la plus généralement adoptée, nous croyons devoir en faire connaître en détail les procédés, d'après la méthode adoptée au *Dépôt de la guerre* (1).

Proposons-nous d'appliquer ces principes au développement d'un demi-fuseau sphérique dont l'angle est de 100 degrés, nouvelle mesure. Le développement sera la projection d'un triangle à trois angles droits, ou de la huitième partie de la surface de la sphère. Soit, dans la *fig.* 38, C*a* le rayon représentatif de la sphère proposée, et *a*O une ligne perpendiculaire et égale à C*a*. Si du point *a* on abaisse sur C*o* la perpendiculaire *ae*, elle sera le rayon du parallèle à la latitude de 50 degrés (nouv. mes.), en prenant P pour le pôle et Q pour un point de l'équateur. Cela posé, on pourra considérer *a*O comme le côté d'un cône tangent à la sphère ; et alors la surface près du cercle de contact coïncidera sensiblement avec la surface sphérique. Or, puisque, d'une part, il s'agit de développer seulement le quart de la circonférence dont *ae* est le rayon, ou, ce qui revient au même, le quart de la surface courbe du cône droit qui a O*a* pour côté, et que, d'une autre part, *ae* est le sinus de 50 degrés, lorsque le rayon *a*C est pris pour le sinus total, on aura le logarithme du sinus de $50^o = 9{,}8494850$ et le sinus de $50^o = 0{,}70{,}711$. Ensuite $\frac{1}{4}$ de la circonférence qui a pour rayon *ae*, est $= 1{,}1101627$; enfin, puisque l'arc *a*M*b* (*fig.* 39) décrit d'un rayon $a\,O = 1$ doit avoir pour longueur 1,1101627, on trouvera le nombre de degrés de cet arc par la proportion que voici :

Tracé de la projection de Flamsteed corrigée.

$$3{,}14 : 200^o :: 1{,}1101627 : x = 70^o{,}71.$$

(1) *Puissant*, Traité de Topographie, p. 138.

Telle est la valeur de l'angle *aOb* ou l'amplitude de l'arc *ab*, *fig.* 39. Maintenant, si l'on veut avoir les degrés de longitude de 5 en 5, on divisera l'arc *ab* en vingt parties égales, et le milieu M de cet arc sera sur l'axe OM de la carte. Mais comme il n'est pas possible de déterminer la position des autres parallèles, ainsi que la longueur de leurs degrés respectifs, sans avoir une échelle de parties égales construite d'après le nombre de mètres contenus dans le rayon moyen *a*C de la terre, rayon qui, comme on sait, est = 6,366198 mètres, on procédera préalablement à la construction de cette échelle. Pour cet effet, on portera sur une ligne indéfinie *m*C', *fig.* 40, 636 parties et $\frac{6}{10}$ de C' en *m*, et l'on prendra *a*'C' égal au rayon
Échelle de la carte. *a*C, *fig.* 38; puis, par tous les points de division de la ligne *m*C' on menera parallèlement à *a'm* les droites *xx'*, *yy'*, etc. La ligne *a*'C' étant par ce moyen divisée en parties proportionnelles à *m*C', on formera sur ce module l'échelle de la *fig.* 39.

Ayant ainsi construit l'échelle de la carte, nous y prendrons une longueur de 50 parties ou myriamètres pour la valeur des degrés du méridien, pris de 5 en 5, et nous porterons cette longueur sur l'axe de la carte, dix fois au-dessus et dix fois au-dessous du parallèle moyen *ab*, *fig.* 39. Nous décrirons ensuite du point O, comme centre, des arcs indéfinis, passant par tous les points de division de l'axe OM; alors nous aurons les parallèles de 5 en 5 degrés. Enfin, sur chaque parallèle, nous prendrons des distances égales chacune à cinq fois la valeur du degré de longitude, connu par les tables géographiques. Ainsi, sur le parallèle de 55 degrés, la longueur du degré de longitude est de 6 myriamètres 49; par conséquent il faudra, à partir de l'axe de la carte, et de part et d'autre de cet axe, porter dix fois l'intervalle 6,49×5=32 myriam. 45, pris sur l'échelle. Lorsque tous les points par où doivent passer les méridiens auront été déterminés de cette manière, il est facile de tracer ces courbes.

Il faut avouer que l'amplitude de l'arc d'un parallèle quelconque, déterminée par cette méthode, se trouvera un peu plus grande qu'elle ne devrait être, puisque l'on donne à la corde d'un arc de 5 degrés la longueur même de cet arc ; mais l'erreur qui en résulte est d'autant moindre, que la courbure des parallèles est plus petite. D'ailleurs, pour obtenir une exactitude rigoureuse, on peut déterminer l'amplitude de tous les parallèles comme celle du parallèle moyen, par l'angle que forment les deux rayons menés aux extrémités de ce parallèle.

Remarque sur l'échelle de la carte.

Au lieu de prendre arbitrairement, comme dans l'exemple donné, le rayon de la sphère, on en fixe le plus souvent la longueur à l'aide d'une échelle construite d'avance, et dont les parties sont dans un rapport déterminé avec le mètre. Par exemple, au Dépôt général de la Guerre, l'échelle pour le dessin et la gravure de la carte de chacune des quatre parties du monde est $\frac{1}{2000000}$, c'est-à-dire que 2,000,000 mètres pris sur le terrain seront représentés sur la carte par une longueur réelle d'un mètre. D'après cela, le rayon de la terre, qui est de 6,366198 mètres, sera seulement sur la carte de $\frac{6^m, 366198}{2} = 3^m, 18$. Ainsi, pour que l'échelle de cette carte soit divisée de 10 en 10 myriamètres ou de 100000 en 100000 mètres, il faut que 10 myriamètres aient pour longueur 5 centimètres. Le Dépôt de la Guerre observe de même dans ses cartes spéciales une progression décimale de l'échelle, de sorte que le degré de latitude d'une carte générale étant pris pour unité, celui de la carte chorographique doit être représenté par l'un des nombres 2, 5 ou 10, qui sont des diviseurs exacts dans le système décimal. Par ce moyen, les cartes particulières s'enchaînent parfaitement avec les cartes générales, attendu que les proportions de détails croissent d'une à l'autre carte dans des rapports faciles à calculer. Mais l'exécution de ces sages vues renchérirait le prix des atlas géographiques, en exigeant le plus grand format.

Développemens cylindriques.

Les diverses modifications de la projection conique ayant été suffisamment expliquées, nous allons considérer les *développemens cylindriques* de la surface du globe, et les cartes marines qui en sont déduites (1).

Les *rumbs de vent* que suivent les navigateurs, ou les directions indiquées par la boussole, ayant la propriété de couper sous le même angle tous les méridiens qu'ils traversent, et qui, pour cette raison, forment sur le globe la spirale nommée *loxodromique* (2), se trouvent nécessairement projetés par des lignes courbes du même genre dans toutes les cartes où les méridiens ne sont pas parallèles.

Des lignes loxodromiques.

C'est ce que démontre la *fig.* 41, dans laquelle on voit une moitié d'hémisphère projetée sur le plan de l'équateur. Soit P le pôle nord, AMB l'équateur; les droites tirées du centre à la circonférence sont des méridiens, et les cercles concentriques représentent les parallèles. Supposé que le navigateur veuille aller de C, point de l'équateur, droit au nord-ouest, le cours de son vaisseau doit constamment faire avec la méridienne du lieu, ou avec la ligne nord et sud, un angle de 45 degrés (anc. mes.). Arrive-t-il maintenant en G, la ligne méridienne GNP ne conserve plus de parallélisme avec le méridien CG; s'il continue sa route au nord-ouest, en observant toujours l'angle de 45°, il parviendra au point H, de là au point J, et il décrira ainsi la courbe loxodromique CGHJ qui s'approche constamment du pôle, sans toutefois y atteindre jamais. Plus l'angle constant sous lequel la route coupe les méridiens est grand, et plus la courbe loxodromique devient longue, comme on le voit dans la *fig.* 41, par la ligne CRS. On conçoit que les marins qui doivent diriger leurs courses sur ces lignes, ne peuvent tracer commodément sur ces cartes, ni le chemin qu'ils ont parcouru, ni la route qui leur reste à

(1) Neptune français, discours prélimin. *Bezout*, Cours de Mathém. Marine. *Dubourguet*, Traité des Navigations, etc.

(2) Voyez ci-d., *Liv.* XXV, p. 77.

faire, à cause de la difficulté de mesurer avec le compas l'arc d'une courbe. Pour parer à cet inconvénient, ils ont cherché à imaginer une projection de cartes dans laquelle les méridiens fussent des lignes parallèles droites.

Le développement d'un cylindre se présente aussitôt à l'esprit comme le moyen d'obtenir une semblable projection. Lorsqu'on se borne à retracer une zone de très-peu d'étendue en latitude, il est évident que la zone sphérique pourra, sans erreur sensible, être représentée par le développement d'un cylindre, soit inscrit, soit circonscrit à cette zone, et dont l'axe coïncide avec celui du globe. Les méridiens qui résulteront des sections du cylindre par des plans passant par son axe, sont représentés par des lignes droites parallèles à cet axe; les plans des parallèles coupent le cylindre suivant des cercles parallèles à sa base, et qui deviennent des lignes droites dans le développement. Telle est la construction des cartes plates, dont on attribue faussement l'invention à don Henri, infant de Portugal, puisque Marin de Tyr, antérieur à Ptolémée, en condamne l'usage et en a essayé une modification (1). Leurs défauts sont analogues à ceux de la projection conique; ils sont même plus considérables; car, dans celle-ci, on peut donner à deux parallèles leur véritable longueur par rapport aux degrés de latitude, tandis que sur la carte plate on ne peut observer cette proportion qu'à l'égard d'un seul, savoir: pour l'inférieur, dans le développement du cylindre circonscrit, et pour le supérieur dans le développement du cylindre circonscrit. Il est vrai qu'on pourrait éviter cet inconvénient en employant le cylindre construit sur un des parallèles intermédiaires, qui serait en partie intérieur et en partie extérieur à la sphère; de cette manière, l'étendue en longitude se trouverait exacte vers le milieu, mais l'erreur serait partagée entre les deux extrémités. On a même

Construction des cartes plates

(1) *Marin. Tyr.* Ap. Ptolem. I, 20. Comp. *Gosselin*, Recherches sur la Géographie des Grecs, II, 33 *sqq.* I, 46-50, etc., etc.

essayé des projections cylindriques dans lesquelles le cylindre aurait pour base un cercle vertical quelconque (1); mais nous n'en parlerons pas, et nous nous bornerons à remarquer que l'on peut placer le parallèle qui sert de base au cylindre de manière que l'aire du développement soit égale à celle de la zone sphérique.

Le tracé des cartes plates s'effectue sans peine dès qu'on a fixé la position du parallèle terrestre qu'on développe ; il n'est question que de donner aux degrés de longitude, sur ce parallèle, la grandeur qu'ils doivent avoir par rapport à celle qu'on assigne au degré de latitude.

Défauts des cartes plates.

La ligne HG, *fig.* 42, étant supposée parallèle à l'axe CP et égale au développement de l'arc BF, sera le méridien de la carte destinée à représenter la zone comprise entre les parallèles des points B et F. Le développement du parallèle moyen, dont le rayon est E*e*, donnera les degrés de longitude. On voit par cette figure le défaut de la carte sur les parallèles extrêmes, puisque le rayon G*g* est plus petit que B*b*, et le rayon H*h* plus grand que F*f*.

Ces cartes ne peuvent convenir qu'à de très-petites parties du globe ; les moins défectueuses sont celles qui représentent les régions voisines de l'équateur, parce qu'à peu de distance de ce cercle, les cosinus de latitude ne varient pas beaucoup. D'Anville s'en est encore servi dans un cas semblable (2), mais ce cas est presque unique.

Projection de Mercator ou cartes réduites.

Pierre Nunnez, ou *Nonnius*, remarqua, vers le milieu du seizième siècle, les défauts des cartes plates. *Mercator*, qui venait d'introduire la projection stéréographique pour les mappemondes, considéra que les marins n'emploient pas la carte pour connaître la figure des pays, mais seulement pour y tracer exactement, d'après sa longueur et sa direction, le chemin qu'ils ont fait, et pour déterminer la distance où ils sont des divers points des côtes, et la direction qu'ils doivent tenir pour y arriver

(1) *Textor*, dans *Zach*, Corresp., XVIII, 190.

(2) *Carte de Guinée*, 1776. *D'Anville*, Considér. sur la Géog., p. 30.

et pour les éviter ; il imagina d'après ce principe, en 1550, la projection des *cartes réduites*, qui satisfait parfaitement à ces conditions, et dont les Anglais Wright, Gregory, Halley et autres, ont trouvé long-tems après la théorie mathématique (1). Les méridiens y sont des lignes droites parallèles, équidistantes et coupées à angle droit par les parallèles à l'équateur ; mais les intervalles qui séparent ceux-ci croissent à mesure qu'on s'avance vers les pôles, dans un rapport précisément inverse de celui que suit sur le globe la diminution des degrés de longitude, *fig.* 43. Il résulte de là que les distances en longitude, mesurées sur chaque parallèle, ont, par rapport aux distances en latitudes correspondantes, la même relation que sur le globe.

Le tracé de ces cartes n'a d'autre difficulté que la construction de l'échelle des latitudes, pour laquelle on a depuis long-tems des tables calculées avec beaucoup de soin, et même en ayant égard à l'aplatissement de la terre. Elles portent le nom de tables des *latitudes croissantes*, à cause de l'augmentation qu'éprouve dans ces tables la longueur de chaque degré de latitude à mesure qu'il approche du pôle. Comme les principes d'après lesquels ces tables sont construites ne peuvent être expliqués rigoureusement qu'à l'aide du calcul intégral, nous nous bornerons à une observation sur la nature des cartes réduites, et nous indiquerons plus bas une méthode assez simple de parvenir à la construction de ces tables par des moyens approximatifs (2). Il est évident qu'on ne doit point y chercher ni les rapports d'étendue des pays, ni l'exacte image de leur configuration ; car cette projection augmente considérablement les régions qui sont placées vers les pôles, quoique d'ailleurs elle partage avec la *projection stéréographique* la propriété de conserver aux portions infiniment petites du globe leur similitude ; mais ces défauts n'ont aucun inconvénient pour des cartes, qu'on ne doit regarder que comme des instrumens destinés à résoudre graphiquement

Tables des latitudes croissantes.

(1) *Mollweide*, dans *Zach*, Corresp., XIV, 490.

(2) Voyez la note page 143.

les principales questions du pilotage, ce qu'elles font avec la plus grande exactitude et la plus grande facilité, moyennant des procédés géométriques ou des calculs enseignés dans les traités de navigation.

Projections proportionnelles.

Il nous reste encore à faire connaître diverses méthodes pour tracer les cartes, méthodes qui n'ont point pour base le développement d'une figure, mais seulement des calculs de proportion.

Projection de *Lambert*.

La plus remarquable projection de ce genre est celle qu'a inventée le célèbre géomètre Lambert (1), et qu'un auteur italien a depuis examinée de nouveau (2). Cette projection a pour condition principale de représenter par des espaces égaux les régions d'égale étendue. Pour construire la carte d'un hémisphère, on le conçoit partagé en demi-fuseaux par des plans menés par son axe ; et sur le centre du grand cercle perpendiculaire à cet axe, on en décrit un autre dont l'aire soit équivalente à celle de l'hémisphère. Il est aisé de voir que chaque demi-fuseau sera représenté sur le cercle dont il s'agit par un secteur dont l'angle sera égal à celui que forment les deux plans qui comprennent le fuseau. C'est ce que montre la *figure* 44, dans laquelle P représente le pôle, ABD le plan de l'équateur, APB un demi-fuseau compris entre deux méridiens et l'équateur ; le cercle A'B'D' est celui dont l'aire est égale à celle de l'hémisphère PABDE. On découvre aussi sans peine que le rayon A'C doit en général être égal à la corde AP de l'arc du méridien compris entre le pôle et le plan qui termine la calotte sphérique qu'on veut représenter.

Projection polaire.

Dans la projection polaire, tracée d'après ce principe, les méridiens sont les rayons du cercle qui termine la carte ; les parallèles sont des cercles concentriques à ce premier, décrits d'un rayon égal à la corde du complément de la latitude ; les quadrilatères, formés par les méridiens et les parallèles qui terminent une zone, sont

(1) *Lambert*, Mémoires sur l'usage des Mathématiques, vol. III ; Observations sur les Cartes, § 99. *Mayer*, Introduction, etc. § 52, en all.

(2) *De Lorgna*, Principi di Geografia, etc., Vérone, 1789.

égaux et rectangles, comme sur la sphère ; et par cette raison, la configuration des pays n'est pas très-altérée. Les distances ne se mesurent pas immédiatement par la droite qui joint les deux points que l'on compare, mais elle n'en diffère pas beaucoup, et sa valeur exacte peut s'en décrire, assez facilement. Cette projection est encore très-facile à décrire, lorsqu'il s'agit des hémisphères terminés par l'équateur ; mais le tracé se complique lorsqu'il s'agit des hémisphères terminés par l'horizon, parce qu'il faut alors substituer aux méridiens et aux parallèles les cercles *azimutaux* et les *almicantarats* (ou parallèles à l'horizon) du lieu pris pour centre de la carte, cercles auxquels on ne peut rapporter les longitudes et les latitudes que par une construction ou un calcul particulier.

Les inconvéniens paraissent moindres dans la projection des hémisphères terminés par le méridien. Un géomètre allemand (1) en a donné une analyse, de laquelle il résultait le procédé graphique suivant. On tracera un cercle avec le rayon AC, *figure* 45 ; on le coupera par les lignes AD et BE, l'un représentant l'équateur, l'autre le méridien du milieu de la carte. On marquera les cordes représentant les parallèles en divisant les demi-diamètres BC et EC, chacun d'après l'échelle suivante, le rayon AC étant pris pour unité. Projection équatoriale.

Latitude	10°	— 0,13681	Latitude	60°	— 0,76239
——	20	— 0,27201	——	70	— 0,86191
——	30	— 0,40397	——	80	— 0,94539
——	40	— 0,53094	——	90	— 1,00000
——	50	— 0,65116			

Enfin, on partagera tant l'équateur que les parallèles en parties égales, et on fera passer par les points de division correspondans des ellipses représentant les méridiens. Cette projection offre quelques ressemblances avec l'orthographique ; mais, plus facile à tracer, elle défigure infini-.

(1) *Mollweide*, dans *Zach*, Correspond., XII, 160. Voyez les *Annales des Voyages*, vol. XIII.

ment moins les pays, et elle donne les espaces dans les justes proportions.

Altération de cette projection. On peut considérer comme une altération arbitraire de cette projection proportionnelle, la méthode dont Vaugondy attribue l'idée à G. De l'Isle (1), mais qui se trouve déjà indiquée dans des auteurs plus anciens (2). Elle consiste à diviser le méridien principal, l'équateur et la circonférence de la carte en parties égales, et ensuite à faire passer par les points de division des courbes représentant les méridiens et les parallèles. Les mappemondes d'Arrowsmith sont tracées d'après cette méthode, qui n'a rien de recommandable.

Projection de Cassini. Les opérations des Cassini, pour déterminer la figure de la terre par la mesure des degrés du méridien et des parallèles, ont fait naître une espèce de projection très-importante, puisque c'est celle de la grande carte de France, le plus beau travail géographique qu'on ait exécuté jusqu'ici (3).

Lorsqu'on entreprit de mesurer un degré de longitude, on reconnut la difficulté qu'il y avait à tracer exactement sur la terre un parallèle à l'équateur. En effet, si, par un alignement dirigé au moyen de piquets verticaux, et perpendiculaire au méridien d'un lieu, on détermine une suite de points, il est évident qu'en supposant la terre sphérique ils appartiendront au grand cercle que détermine le plan vertical, mené perpendiculairement au méridien dont il s'agit, et qui, sur la terre, répond au cercle céleste que l'on nomme *premier vertical*. Le parallèle se sépare bientôt de ce cercle, qu'il ne fait que toucher au point où il coupe le méridien. Dans un sphéroïde, la courbe perpendiculaire au méridien est à double courbure, et la recherche de ses propriétés a occupé plusieurs géomètres (4).

---

(1) *R. Vaugondy*, Institutions géog., 324. *Puissant*, Topographie, 133.
(2) *Fournier*, Hydrographie, l. XIV, ch. 30. (3) *Cassini*, Acad. des Sciences, 1745. (4) Mém. de l'Académie des Sciences, année 1733.

Le méridien et ses perpendiculaires étant les lignes qui se tracent le plus facilement par les opérations astronomiques et géodésiques, c'est au méridien de l'observatoire de Paris et à ses perpendiculaires qu'on rapporte immédiatement les points de la carte de France; leurs latitudes et leurs longitudes n'ont été conclues qu'*à posteriori* et par le calcul (1).

Propriétés de cette projection.

Pour se former une idée de la manière dont cette projection représente les espaces terrestres, il faut observer que les grands cercles perpendiculaires au méridien (en supposant la terre sphérique) se coupent tous aux pôles de ce méridien, et convergent par conséquent les uns vers les autres; tandis que sur la carte, oú le même méridien est une ligne droite, ils deviennent parallèles entre eux. Il résulte de là que les portions déterminées par deux cercles perpendiculaires au méridien sont représentées par des rectangles de même longueur, mais plus larges vers les extrémités. Ainsi leurs distances et leurs aires ne peuvent être mesurées immédiatement sur la carte de France, que par approximation; et quoique l'étendue en longitude ne soit pas assez considérable pour que la convergence des perpendiculaires au méridien entraîne une erreur importante (2), il faut être sobre dans l'emploi de cette projection, qui n'est excellente que pour la réunion immédiate des levés trigonométriques. Plusieurs géomètres allemands ont calculé des formules et des tables pour en rendre l'usage plus sûr, et pour en corriger les erreurs (3).

Fuseaux du globe terrestre.

C'est aux développemens arbitraires du globe qu'il faut rapporter la construction des *fuseaux*, qu'on trace sur le papier, pour recouvrir les globes qui ne sont pas fort grands. On partage en douze ou en dix-huit parties, selon

(1) *Du Séjour,* Traité analytique des Mouvemens apparens des Corps célestes, t. II, et la Description géométrique de la France, par *Cassini.*

(2) Elles vont dans les extrémités de la France de Cassini à 150 toises sur 40,000. *Barbié du Bocage*, Mém. topograph. du Dépôt de la Guerre, I, 23. (3) *Zach*, Correspond.

la grandeur de son diamètre, la surface du globe, en menant des méridiens de 30 en 30°, ou de 20 en 20°. L'espace compris entre deux de ces méridiens, ayant très-peu de courbure dans le sens de sa largeur, peut être regardé comme faisant partie d'une surface cylindrique circonscrite à la sphère, suivant le méridien qui le divise en deux parties égales. On développe ce méridien, et, en portant perpendiculairement (comme des ordonnées) de chaque côté les demi-largeurs des portions de parallèles comprises entre les méridiens qui terminent le fuseau, on obtient la forme de celui-ci. Quelquefois on le tronque par les deux extrémités à 15 ou 20 deg. des pôles, et l'on trace à part ces deux zones ou calottes sphériques, en les considérant comme si elles étaient plates. Ce procédé n'est qu'un mécanisme approximatif, qui facilite la fabrication des globes, et qui ne mérite pas que nous en disions davantage. Exprimons seulement le vœu de voir quelque mécanicien habile inventer des moyens propres à donner à la gravure des globes plus d'exactitude, en leur conservant l'avantage de la multiplication des exemplaires.

LIVRE VINGT-HUITIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Continuation et fin de la Théorie des Cartes géographiques. Du choix et de la réunion des Détails.

EN VAIN la géométrie nous aurait-elle enseigné taut et de si ingénieuses méthodes de tracer les cartes d'une manière conforme aux besoins de la géographie, si nous n'avions à insérer, dans ces tableaux du globe, que des images incomplètes des diverses contrées. Toutes nos projections ne seraient alors que ce que sont les règles de la perspective pour un peintre d'enseignes. C'est la nouveauté, l'exactitude et la richesse des détails, qui font distinguer une carte savante de ces iuformes esquisses dont l'avidité confie la fabrication à l'ignorance. Il faut donc, pour composer une bonne carte, savoir choisir et réunir les détails qui doivent en faire le mérite.

Choix des projections et de l'échelle.

Le premier objet des méditations du géographe dessinateur est de déterminer le genre et le but de sa carte. Est-elle *générale?* embrasse-t-elle une vaste portion du monde? il choisit un grand format, et emploie une projection qui altère peu les configurations, comme les diverses projections coniques modifiées. Veut-il construire une *mappemonde* destinée à des études de géographie astronomique? il se sert de la projection stéréographique horizontale. Sa mappemonde doit-elle s'appliquer à la géographie physique? il préfère de la développer sur un seul méridien, en mettant le nouveau continent à droite, pour ne pas interrompre l'enchaînement des continens. Dans les cartes *spéciales,* où l'on retrace un empire ou une province, le choix de la projection paraît plus indifférent, parce que les défauts de toutes les méthodes s'affaiblissent quand la carte n'embrasse qu'une petite portion de la sur-

face du globe. Cependant il y a des avantages et des inconvéniens qui découlent de la nature des projections, et que nous avons indiqués dans le Livre précédent; il y a aussi telle projection qui, par rapport au format, oblige le géographe à faire entrer dans sa carte plus de pays étrangers à son objet principal que telle autre; or, il est essentiel d'éviter ces projections, parce qu'elles diminuent l'*échelle* de la carte, c'est-à-dire, la proportion entre l'image et l'objet représenté. Les marins qui *pointent* leur route sur les cartes disent, au lieu de grande et petite échelle, *grand* et *petit point*, expression qui ne s'applique proprement qu'aux cartes réduites.

L'impossibilité de faire entrer sur une carte, même de très-grande dimension, tous les détails relatifs à la topographie, nécessite un choix parmi ces détails, choix qu'il est impossible d'assujettir à des règles générales. Telle carte est destinée à faire connaître les limites politiques des États, et la circonscription des provinces avec leurs chefs-lieux; telle autre est consacrée à retracer les chaînes des montagnes et l'embranchement des rivières; ces deux classes admettent encore des subdivisions. Une carte *militaire* n'est au fond qu'une topographie parfaite et détaillée; le guerrier doit y trouver chaque route sur laquelle il peut avancer, soit muni de son artillerie, soit à pied et armé seulement de son fusil; chaque gué qui lui permet de franchir une rivière, chaque défilé par lequel il peut tourner la position d'un ennemi moins instruit ou moins vigilant; en un mot, ces cartes doivent lui présenter toutes les localités qui peuvent influer sur ses opérations: aussi, le nombre des bonnes cartes militaires est-il très-circonscrit. C'est en grande partie à l'excellence de celles qu'a fournies le *Dépôt de la Guerre*, que les armées françaises doivent leurs succès. Un savant géomètre, très-versé dans l'art de la guerre (1), avait fait une liste des généraux français, dans laquelle il appréciait leurs talens; on y lisait souvent, à côté des noms les plus illustres, cette

Cartes politiques et physiques.

Cartes militaires.

(1) M. *Carnot*. Comp. *Zach*, Correspond. astronom., I, 520.

note : *il connaît bien la carte.* L'importance des études géographiques pour les chefs d'armée avait déjà été sentie par les anciens, et les Romains n'ignoraient point que « les localités influaient souvent plus sur le succès que » la bravoure et le nombre » (1).

D'autres administrations de l'Etat ont également besoin de cartes spécialement consacrées à un but particulier ; celles des eaux et forêts, par exemple, devraient toujours servir de fanal dans l'exploitation, et, sous ce rapport, les Etats d'Allemagne ont jusqu'ici eu des avantages sur la France. Ce que la carte militaire est pour les terrains, les cartes *nautiques* le sont pour les mers ; elles intéressent même le géographe-physicien en ce qu'elles représentent, quoique bien imparfaitement, les inégalités du fond de ces bassins couverts d'eau qui occupent une si vaste portion du globe. Les rochers, les brisans, les bancs de sable, dont la mer est parsemée, sont des montagnes et des collines sous-marines, et leur connaissance complète jetterait un grand jour sur la géographie des montagnes terrestres. Malheureusement, la nature semble nous interdire l'espoir d'achever jamais cette partie de la géographie. « Les navigateurs, dit un célèbre marin (2), ne » peuvent répondre que des routes qu'ils ont faites ou » des sondes qu'ils ont prises, et il est possible qu'avec » de belles mers ils aient passé *à côté* des bancs ou des » battures qui ne brisaient point (c'est-à-dire, dont l'é- » cume des flots brisés ne trahissait point l'existence). » Les cartes de rivières offrent en détail toutes les branches d'un fleuve et toutes les circonstances de son cours. Elles sont comprises avec les cartes nautiques, sous l'appellation générale d'*hydrographiques*. Cartes nautiques.

Il y a encore des cartes de botanique, de minéralogie, de géologie, de zoologie même, dont le but est de montrer la distribution géographique des productions de la Cartes scientifiques.

(1) *Veget.* Res milit. III, c. 26. (2) *La Pérouse*, Voyage, II, ch. 2, p. 54.

nature (1) ; il y en a que leurs auteurs décorent du nom d'*historiques*, et qui doivent montrer les migrations des peuples et les changemens de souveraineté (2) ; enfin, il y a peu d'objets dont on n'ait tenté de réduire les rapports de localité en forme de cartes. Mais la composition de ces sortes de tables ne saurait être soumise à d'autres règles constantes que celles qui résultent des sciences étrangères à la géographie.

Toutes les cartes ne peuvent pas être destinées à faire avancer nos connaissances par la publication de détails nouveaux ou plus exacts que ceux des cartes précédentes.

Cartes élémentaires

L'instruction publique réclame des *cartes élémentaires*, dont le mérite consiste à rendre, d'une manière fidèle et complète, les vérités déjà connues, et dans lesquelles il serait à désirer qu'on adoptât un système de gravure moins élégant et moins dispendieux que celui qu'exige le goût raffiné du public français. L'essentiel dans un *atlas élémentaire*, ce n'est pas d'étaler en grand format des cartes très-détaillées et d'une exactitude minutieuse ; c'est plutôt d'offrir, dans une série de petites cartes très-nombreuses, l'ensemble complet des principes de la science. Les fraudes scandaleuses, dont le public français a été la dupe dans ce genre, forment un chapitre trop honteux de l'histoire de la géographie, pour qu'il soit digne de notre plume de le retracer.

Après avoir mûrement réfléchi sur le but qu'il se propose, le géographe-dessinateur s'occupe de la réunion des détails qui doivent remplir sa carte.

Emploi des observations astronomiques.

Ici les bonnes observations astronomiques tiennent, sans contredit, le premier rang : mais qu'il est difficile de juger si une observation est bonne! Combien de changemens mal à propos introduits dans la géographie par l'emploi inconsidéré des longitudes mal observées ou mal calculées! surtout combien d'erreurs dues à l'usage peu soigneux du chronomètre! Nous avons indiqué les diverses

(1) *Ritter*, Cartes physiques de l'Europe. (2) L'*Atlas historique*, par M. *Kruse*, en allemand, est le meilleur ouvrage dans ce genre.

méthodes par lesquelles l'astronomie concourt à fixer les positions géographiques des lieux terrestres (1); mais la valeur d'une observation ne dépend pas uniquement de la bonté de la méthode : il faut, pour l'apprécier, en connaître tous les procédés, toutes les circonstances, et soumettre ces détails à une critique minutieuse et à des calculs soignés; en un mot, il faut imiter l'exemple d'un Oltmanns dans ses recherches sur les observations de M. de Humboldt. C'est en étudiant l'ouvrage de ce géomètre (2), que les géographes peuvent apprendre toutes les règles d'une saine critique à l'égard des données astronomiques. Le vrai géographe doit presque être astronome. Ainsi, nous retrouvons partout ce lien fraternel qui unit toutes les sciences en les rendant nécessaires les unes aux autres.

La seconde et la plus riche source où les géographes puisent les détails de leurs cartes, c'est la triangulation; nous en avons donné une idée en parlant de la mesure de la terre par Picard (3).

Emploi des mesures géodésiques.

Quand on a fixé la position d'un certain nombre de points, soit par des observations astronomiques, soit par des mesures trigonométriques, il est facile de rattacher à ces points les plans particuliers levés sur le terrain, et qui en font connaître en détail les localités. Mais, comme l'art de lever les plans sur le terrain repose en grande partie sur des principes étrangers à la géographie, nous nous contenterons d'indiquer seulement quelques moyens pratiques employés par les géographes pour construire la carte topographique d'après les levés partiels faits sur le terrain. Le lecteur qui voudrait avoir des renseignemens détaillés sur les levés trigonométriques ne pourrait mieux faire que d'avoir recours à l'excellent *Traité de géodésie* du savant et ingénieux M. Puissant.

Lorsqu'on veut rattacher les divers plans levés séparément pour en former la carte, il faut que chacun de ces plans ait au moins deux points communs avec celui

(1) Ci-dessus, liv. XXIII. (2) Voyage de *Humboldt*, partie astronomique. (3) Ci-dessus, liv. XXIV.

auquel on veut le joindre ; ou, ce qui revient au même, il faut qu'une ligne déterminée de grandeur et de position dans l'un puisse s'appliquer sur une semblable ligne dans l'autre. Alors, en tirant dans la feuille destinée à former le plan général cette *ligne* ou *directrice*, de manière qu'il y ait de chaque côté un espace propre à comprendre le levé de chacun de ces plans, il sera facile de rapporter sur ce plan général tous les points que l'on a déterminés sur les plans partiels, en les rattachant, par des triangles, à deux points quelconques pris sur la directrice, ou en les combinant avec ce même point dont on vient de fixer la position. S'il doit y avoir réduction, comme cela arrive presque toujours, il faut faire les triangles du plan topographique semblables à ceux qui sont formés sur les feuilles des levés, mais de manière que les côtés des premiers soient à ceux des seconds dans le rapport qu'exige la réduction à faire.

Lorsque les feuilles des levés sont *orientées*, c'est-à-dire lorsque dans chaque feuille on a marqué la direction de la méridienne, soit vraie, soit magnétique, on rapporte les points de chaque feuille à la méridienne et à une perpendiculaire menée sur cette ligne par un point commun à deux feuilles contiguës. On mesure les distances de tous les points à chacune de ces droites parallèlement à l'autre ; et soit en conservant ces distances telles qu'on les a trouvées, soit en les réduisant dans le rapport demandé, on les porte sur la méridienne et la perpendiculaire menées dans le plan topographique, pour représenter celles qui sont communes aux feuilles que l'on assemble. Cette méthode de construire graphiquement la carte générale d'après les feuilles de levés, a fait découvrir un mécanisme de réduction connu sous le nom de treillis ; il est très-commode pour rapporter les détails de la carte, mais on ne doit point s'en servir pour fixer la position des points principaux. Voici d'ailleurs en quoi consiste cette opération. On divise les feuilles qu'on se propose de réunir en carreaux, par des lignes parallèles et perpendi-

Réduction par le treillis.

culaires à celle qui est commune à ces feuilles : plus on multiplie ces carreaux, et mieux on s'aperçoit de la place qu'occupent dans chaque carreau les points et les contours qui y sont contenus, plus aussi on a de la facilité à les rapporter dans les carreaux correspondans qu'on a tracés sur le plan de réduction ou d'assemblage. La *figure* 46 représente cette opération. Les feuilles ABCD, EFGH, ayant pour lignes communes les droites CD et EF, sont partagées en carreaux dont les côtés sont parallèles et perpendiculaires à ces droites; le plan d'assemblage *abfe* est divisé de la même manière, par rapport à la ligne *cd*, qui représente la droite commune; mais les côtés de chaque carreau sont les moitiés de ceux des feuilles ABCD, EFGH, de sorte que les objets marqués sur ces feuilles se trouvent réduits sur le plan d'assemblage à des dimensions moitié moindres, et à un espace qui n'est que le quart de celui qu'ils remplissaient d'abord. Pour reproduire le dessin tracé sur chacune des feuilles primitives, ou l'on peut l'imiter à vue, dans les carreaux correspondans des feuilles ABCD, EFGH, ou bien, pour plus d'exactitude, on prend des *repères* sur chacun des côtés de ceux-ci, qu'on transporte sur les autres. Quand on veut conserver proprement les dessins que l'on copie, on pose dessus une glace bien aplanie, et d'une transparence égale, sur laquelle sont tracés des carreaux avec un diamant, et on fait ensuite coïncider deux lignes perpendiculaires entre elles sur celles qui doivent servir à la réunion des feuilles qu'on assemble, ou sur les points qui les déterminent.

Après avoir ainsi formé les plans topographiques par la réunion de diverses feuilles des *levés*, on en compose des cartes chorographiques, non-seulement en assemblant les plans, mais encore en les soumettant aux lois de la projection que l'on a adoptée. A cet effet, on trace sur ces plans les méridiens et les parallèles en lignes droites, comme le sont ces cercles, lorsqu'on n'en considère qu'une portion infiniment petite. On décrit aussi les quadrilatères correspondans sur le cadre de la carte qu'on se

Cartes chorographiques.

propose de construire, mais conformément aux lois de la projection adoptée ; il n'y a plus alors qu'à dessiner dans ces quadrilatères ce qui est contenu dans les carreaux compris entre les méridiens et les parallèles des plans topographiques. Si on veut atteindre à une extrême précision, on prend, par rapport aux côtés des carreaux, les distances des principaux points qui y sont renfermés ; on convertit ces distances en subdivisions des degrés de longitude, et on en prend ensuite de semblables, à partir du parallèle et du méridien contigus aux quadrilatères correspondans sur la carte.

Des plans non orientés et sans échelle.

Deux circonstances peuvent arrêter le géographe dans cette opération. Il peut arriver que le plan topographique ne soit point orienté, ou que l'étant par la direction de l'aiguille aimantée, on ne sache pas quelle était la déclinaison de la boussole dans le tems qu'on a levé et réduit ce plan, ou bien dans le lieu où l'on a opéré. Cet élément peut être suppléé lorsque le plan contient deux points dont la position respective est connue, puisqu'en joignant ces deux points par une droite, on a l'angle que fait cette droite avec la méridienne, et on peut par conséquent en fixer la place par rapport à la méridienne, ou construire, au moyen de l'angle donné, la méridienne du plan. On peut retrouver aussi, par un moyen semblable, l'échelle d'une carte topographique qui en manque ; car, connaissant la distance de deux points de cette carte, on n'a qu'à diviser en parties proportionnelles aux mesures itinéraires contenues dans cette distance la ligne qui joint ces deux points : elle devient l'échelle de la carte, et fait connaître les distances respectives de tous les autres points.

Cartes générales.

Les cartes chorographiques sont réduites en cartes générales par un procédé analogue à celui que nous venons d'exposer : on rapporte sur les quadrilatères formés par les méridiens et les parallèles de la carte générale, ce qui est contenu dans les quadrilatères correspondans des cartes chorographiques que l'on veut assembler. Mais c'est ici

que se découvre la nécessité de la *critique géographique;* c'est ici que le dessinateur, abandonnant l'humble rôle de copiste, doit, par son savoir, par ses recherches, et surtout par une grande intelligence, suppléer aux imperfections des données topographiques. Tantôt ce sont des erreurs à corriger, tantôt des lacunes à remplir; le plus souvent ces deux inconvéniens se combinent.

Correction des erreurs de topographie.

Il peut arriver que dans les feuilles topographiques employées à la construction des cartes chorographiques il y ait des erreurs communes à tous les points, comme des distances ou trop petites ou trop grandes dans le même sens, et que ces erreurs aient été accumulées sur les cartes chorographiques, et ensuite sur la carte générale; les grands espaces qu'elle représente se trouvent alors, ou considérablement resserrés, ou considérablement allongés, sans même que le géographe puisse s'en apercevoir. Dans ce cas, le géographe rattachera les détails de la carte générale aux divers points dont les latitudes et les longitudes sont connues par des observations astronomiques; ces points déterminent sur la carte des espaces dans lesquels doivent nécessairement s'enchâsser les détails intermédiaires, quelquefois on peut attribuer l'excès ou le défaut qu'on trouve à l'imperfection des procédés mécaniques employés pour l'assemblage des cartes; mais alors il n'y a d'autre moyen que de répartir les différences entre tous les points de chaque plan partiel, ce qui rendra les erreurs moins sensibles

Emploi des distances itinéraires.

Le géographe n'est malheureusement que trop souvent dépourvu d'observations astronomiques et de levés trigonométriques; il n'y a que peu de pays, la France, par exemple, le Danemarck, la Hollande et la Hongrie, qui soient levés trigonométriquement dans toute leur étendue; il y a encore des provinces européennes où les astronomes n'ont pas pénétré. La géographie est donc obligée d'avoir recours aux *distances itinéraires*, toujours très-difficiles à évaluer d'une manière rigoureuse, même quand on connaît exactement la valeur des mesures dans lesquelles

elles ont été calculées. Cette connaissance est encore très-peu avancée, soit à cause du nombre immense des mesures à comparer, soit à cause des variations auxquelles elles sont soumises, soit enfin à l'égard de beaucoup de mesures anciennes, parce qu'il nous en manque des modules authentiques (1).

Évaluation des mesures.

Nous avons déjà vu (2) qu'il y a diverses opinions sur la manière d'évaluer *les stades* des anciens, et qu'il est encore douteux si l'on doit les considérer comme des modules astronomiques ou comme des mesures locales. Dans la première supposition, nous rencontrons dans les anciens un passage sur trois qui ne permet point d'admettre cette première supposition à cette explication systématique qu'à force de corrections (3), ou par l'admission d'un mélange peu vraisemblable de différens stades; dans la seconde hypothèse, qui nous paraît préférable, on n'aperçoit point la base d'où l'on puisse partir; on marche sur la bonne route, mais entouré d'une nuit profonde. Au reste, ces obscurités valent mieux que les fausses clartés d'une hypothèse dénuée de preuves; d'ailleurs, les doutes qui enveloppent la métrologie ancienne peuvent-ils nous étonner, quand nous savons que même les mesures modernes présentent des cas où il est difficile de les réduire? Sans doute on connaît exactement les rapports des mesures le plus généralement usitées dans les capitales, et citées dans les ouvrages des savans : on sait, par exemple, ce que valent le mille anglais et le mille nautique, le degré du méridien contenant 692 des premiers et 60 des seconds; on sait aussi que le pied anglais étant égal à 0,9384 du pied français, vaut 11 pouces 3 lignes, 1, et que la verge usitée en Angleterre pour mesurer les petites distances

(1) Traité des Mesures itinéraires des Anciens, par *d'Anville*. Observations, etc., par *Gosselin*, en avant de la traduction française de Strabon. Traité des Mesures, par *Romé de l'Isle*. Métrologie constitutionnelle, par *Paucton*. Traité des Monnaies, des Mesures, etc., par *Gérard Kruse*, en allemand. Voyez les *Tables* à la fin de ce volume.

(2) Vol. I, p. 90-92.

(3) Voyez les notes de la traduction française de *Strabon*.

vaut 3 pieds anglais; on en conclut par conséquent que la verge représente 33 pouces 9 lignes, 3 de France. De semblables réductions donnent le moyen de convertir les unes dans les autres les mesures généralement en usage dans les grands États; mais il y a en outre, dans les provinces, des mesures locales peu connues, et à l'égard desquelles il faut faire des recherches multipliées pour obtenir leur rapport avec les autres, soit en comparant leurs composans aux unités les mieux fixées, soit en partant de quelque distance évaluée en mesure locale et connue en mesures géographiques. En France, par exemple, rien ne variait autrefois plus que la grandeur de la lieue d'une province à une autre. La perche même, qui sert à l'arpentage, avait tantôt 22 pieds, tantôt 18 seulement. Le nouveau système métrique prévient pour l'avenir une semblable confusion.

Tracé d'une route nautique.

Lorsqu'on connaît la valeur des mesures dans lesquelles un itinéraire est conçu, on marque la direction de la route d'après les aires du compas ou les rumbs de vent. Quand on a la longueur et la direction d'une route partant d'un point dont la position est donnée, on trouve bien aisément celle du point où cette route se termine. D'abord, lorsque la route n'est pas considérable, on peut, dans l'espace qu'elle traverse, négliger la courbure de la terre, c'est-à-dire, regarder les méridiens comme parallèles entre eux, et par conséquent les rumbs de vent comme des lignes droites. Pour construire cette route sur une carte plate, il suffit alors de tirer, par le *point de départ*, une ligne qui fasse avec la méridienne de ce point un angle égal à celui que donne le rumb de vent qui a été suivi, et de porter sur cette ligne un nombre de parties de l'échelle égal à celui des mesures itinéraires parcourues : le point où se termineront ces parties sera le *point d'arrivée*. On peut aussi substituer le calcul à la construction; si de l'extrémité de la route parcourue on abaisse sur la méridienne, qui passe par l'autre extrémité, une perpendiculaire, il en résultera un triangle rectangle dans le-

quel la partie de la méridienne interceptée entre le point de départ et la perpendiculaire menée du point d'arrivée indiquera la distance de ces points prise sur la ligne nord et sud, ou la différence de latitude exprimée en mesures itinéraires, qu'on réduira ensuite, d'après leur valeur, en degrés du méridien; et la perpendiculaire exprimera la distance de ces mêmes points prise sur la ligne est et ouest, qui se confond dans ce cas avec la différence de longitude exprimée en mesures itinéraires. Si on veut la convertir en degrés, il faut la diviser par le nombre de ces mesures que doit contenir un degré du parallèle du point de départ, ou, si l'on veut plus d'exactitude encore, par le nombre des mesures comprises dans un degré du parallèle qui tient le milieu entre celui du point de départ et celui du point d'arrivée. Toute cette opération revient à diviser le nombre des mesures itinéraires par le cosinus de la latitude du parallèle moyen.

Trouver la direction d'une route.

Il peut se présenter une seconde question dans le cas où la direction de la route n'est pas connue; on la remplace alors par la latitude du point d'arrivée. La construction sur la carte plate consiste, dans ce cas, à tirer par sa latitude le parallèle du point d'arrivée; à prendre sur l'échelle de la carte le nombre des mesures assignées à la distance parcourue, et à décrire avec cette distance comme rayon, et du point de départ comme centre, un cercle qui coupera dans le point d'arrivée le parallèle tiré précédemment. Si nous voulons résoudre cette question par le calcul, il faut convertir en mesures itinéraires la différence de latitude entre le point d'arrivée et le point de départ; nous avons alors dans le triangle rectangle formé par la méridienne du point de départ, la perpendiculaire abaissée du point d'arrivée et la route, deux côtés connus, savoir, la longueur de la route ou l'hypothénuse, et la partie de la méridienne comprise entre le point de départ et la perpendiculaire du point d'arrivée: en calculant la longueur de cette perpendiculaire, on trouve la distance des points de

départ et d'arrivée prise sur la ligne *est* et *ouest*, d'où on conclut, comme ci-dessus, la différence de longitude.

Lorsque la route parcourue est d'une longueur considérable, il devient nécessaire d'avoir égard à la courbure de la terre. La construction des deux problèmes précédens demande, par rapport à la réduction des lieues parcourues dans le sens *est* et *ouest*, en degrés de longitude, l'emploi des tables des latitudes croissantes, tables qui contiennent d'avance les résultats du calcul trigonométrique, par lequel le cas pourrait se résoudre (1). Pour Courbure sphérique d'une route.

(1) Nous avons vu ci-dessus (pag. 125) que ce n'est qu'à l'aide du calcul intégral que l'on peut parvenir à la construction exacte des tables des latitudes croissantes; mais les géographes se servent ordinairement d'un moyen approximatif très-simple pour réduire la courbe en ligne droite, en considérant la route parcourue divisée en parties assez petites pour pouvoir être regardées comme droites. En effet, puisque les rumbs coupent tous les méridiens sous le même angle, on peut concevoir que, par les extrémités de toutes ces subdivisions, on mène des méridiens et des parallèles; on formera ainsi, sur chacune de ces parties, un triangle rectangle dans lequel les côtés de l'angle droit seront les différences de latitude et de longitude, et la partie de la route parcourue formera l'hypothénuse. Or, la trigonométrie rectiligne fournit le moyen de calculer ce triangle, puisque nous connaissons l'hypothénuse et un angle. Soit ABC, *fig.* 47, un de ces triangles; nous aurons, par les principes de la trigonométrie rectiligne, A B : AC :: 1 : cos. BAC; d'où nous conclurons AC = AB cos. BAC. Maintenant comme l'angle B A C est le même à l'égard de tous les méridiens qui traversent sa route, chaque différence de latitude, d'un petit triangle à l'autre, offrira le même facteur, et la somme de toutes ces différences, qui est évidemment la différence totale en latitude, entre le point de départ et le point d'arrivée, doit être *égale à la somme des portions de la route*, c'est-à-dire, *à la longueur totale de cette route, multipliée par le cosinus de l'angle que sa direction forme avec la méridienne.* On se trouvera dans le même cas que lorsqu'on néglige la courbure de la terre, et on emploiera les mêmes moyens pour réduire la route en degrés.

Si nous voulons maintenant connaître la différence en longitude correspondante à B C, c'est au moyen de la latitude A C que nous pouvons la calculer. Nous aurons la proportion A C : B C :: 1 : tang. B A C, de laquelle nous conclurons B C = A B tang. B A C. Pour savoir combien fait cette différence en parties aliquotes de l'équateur, nous désignerons par L la latitude du parallèle sous lequel est situé le point A, et nous aurons cette proportion BC : x (ou a la partie correspon-

la première question dans laquelle la direction de la route est connue, après avoir obtenu, comme ci-dessus, la latitude du point d'arrivée, on prendra, dans la table des latitudes croissantes, la différence des nombres qui répondent à cette latitude et à celle du point de départ; on la multipliera par la tangente de l'angle correspondant au rumb de vent, et le résultat sera la différence de longitude exprimée en minutes de degré. Dans la seconde question, l'angle du rumb n'est pas donné; mais il peut se calculer par la différence de latitude réduite en lieues, et par le chemin, qui sont alors les données; on conclut ensuite la différence de longitude par la règle qu'on vient d'indiquer. Supposons, par exemple, qu'un vaisseau, parti d'un point situé à 42° 3' de latitude boréale, ait couru

---

dante de l'équateur) : : cos. L : 1, que nous pouvons transformer en celle-ci : $x = \frac{BC}{\cos. L}$: et si nous mettons à la place de BC sa valeur, que nous avons trouvée ci-dessus, il en résultera cette proportion : *la différence en longitude* $= \frac{AC}{\cos. L} \times$ tang. BAC. Nous obtiendrons donc la somme de toutes ces petites différences de longitude résultantes de chaque partie de la route, si nous multiplions par le facteur constant tang. BAC la somme de toutes les valeurs que représente successivement le facteur $\frac{AC}{\cos. L.}$ en changeant pour chaque portion de route.

Concevons maintenant toutes ces portions tellement petites, que la différence AC soit équivalente à 1' d'un grand cercle de globe, et observons que $\frac{1'}{\cos. L.} =$ sec. L; nous pourrons substituer à cette expression celle-ci : *la différence en longitude* $= 1' \times$ sec. L tang. BAC; alors nous trouverons la somme des facteurs $1' \times$ sec. L. En ajoutant toutes les sécantes de minute en minute, depuis la latitude du point du départ jusqu'à celle du point où la route se termine.

Comme l'arc de 1' n'est pas rigoureusement une droite, le procédé n'est qu'approximatif; si on voulait le rendre plus exact, en prenant les sécantes de seconde en seconde, on tomberait dans des opérations extrêmement longues et fastidieuses. C'est donc au calcul intégral qu'il faut avoir recours. *Voyez* l'excellent *Traité de Navigation* de M. *Dubourguet*, liv. I, chap. 3 et 4, etc., etc.

252 lieues marines au *nord-est* $\frac{1}{4}$ *est :* on remarque d'abord que ce rumb forme avec le méridien, du côté de l'est, un angle de 56° 15', et on en conclut que la route répond, sur la ligne nord et sud, à 140 lieues; ce qui donne 7° de différence en latitude vers le nord. Comme cette différence est de la même dénomination que la latitude du point de départ, elle doit s'ajouter à celle-ci pour obtenir celle du point d'arrivée, qui, par conséquent, doit être de 49° 3'. On cherche ensuite, dans une table de latitudes croissantes, le nombre qui répond à 49° 3', savoir : 3386,7, puis celui qui répond à 42° 3', et qui est 2785,8, et on en prend la différence = 600,9; on ajoute au logarithme de cette différence celui de la tangente de 56° 15', angle du rumb, et le résultat qui répond à 899' ou à 14° 59', est la différence de longitude vers l'est.

Erreurs des distances itinéraires.

Ces règles ne peuvent conduire à des résultats exacts, qu'autant qu'on les applique à des données exemptes d'erreur. Or, ce n'est pas toujours le cas, surtout pour la géographie ancienne, et même pour les voyages modernes jusqu'au seizième siècle. D'abord, la direction de la route, souvent mal observée par terre, l'est encore davantage sur mer. Si elle a été marquée d'après le lever du soleil, la diversité des saisons la rend souvent incertaine; si elle est indiquée d'après la boussole, elle peut se trouver affectée de la variation de l'aiguille aimantée, qu'on n'a pas toujours eu soin d'observer. Les navigateurs sont encore exposés à une autre cause d'erreur; c'est la *dérive*, ou l'angle que forme la véritable route du navire, avec la direction de sa quille; toutes les fois que le vaisseau reçoit par le travers l'impulsion du vent; car, dans ce cas, une partie de cette force tend à le pousser hors de cette route, tandis qu'il y est maintenu, du moins à peu près, par l'action du gouvernail, et par la grande résistance qu'oppose à ses côtés le fluide environnant. Cet angle, assez difficile à déterminer, a été généralement négligé par les navigateurs des siècles précédens. Il se présente également de grandes incertitudes dans la mesure du chemin par-

couru. Les anciens avaient l'habitude de l'exprimer par le nombre des journées de marche ou de navigation, et nous avons vu dans l'histoire des découvertes géographiques combien il était difficile de fixer la valeur de ces journées, qui, exprimées en des termes différens ou vagues, doivent encore varier suivant les tems, les saisons, les régions, la manière de voyager, la grandeur et la forme des navires. Même la plus savante discussion de toutes ces circonstances ne nous procure que des valeurs moyennes d'autant plus probables, qu'on a combiné un plus grand nombre de faits particuliers sûrs et authentiques. Des géographes ont pensé qu'en étudiant et évaluant les sinuosités des routes dans les pays coupés par des montagnes ou par des cours d'eaux considérables, et dans les pays de plaines, on pourrait arriver à des principes généraux sur l'augmentation que les détours occasionnés par ces obstacles produisent dans la longueur des routes parcourues, et dont il faut, par conséquent, diminuer celles-ci, si l'on veut en conclure les distances sur un même alignement. Le géographe arabe *Al-Biruni* avait conclu que, dans l'Orient, il fallait en général réduire les distances itinéraires d'un cinquième (1). *D'Anville* trouve, au contraire, qu'en Italie et en Egypte, et, en général, dans le monde connu des Romains, il faut seulement défalquer de ces distances un huitième (2). La nature même de la question rend évidemment impossible une solution générale.

Détours de la route.

Valeur des journées de marche.

Disons-en autant des discussions par lesquelles on a voulu fixer la valeur des journées de marche et de navigation. Quand Hérodote (3) fixe une journée de navigation, pendant le jour, à 700 stades, tandis que Scylax (4) n'en admet que 500, il peut être juste de ne voir dans cette différence que le résultat de l'emploi des stades d'une valeur différente; celui de Scylax étant probablement très-

(1) *Al-Biruni*, ap. *Edw. Bernards*, de Ponderib. et Mensuris.
(2) *D'Anville*, Considérations sur la Géographie, 44-47.
(3) *Hérod.* IV, 46. (4) *Scylax*, Péripl., p. 30, ed. *Voss.*

rapproché des stades de 833 au degré, et celui d'Hérodote étant le stade égyptien, de 1111 au degré, ancienne mesure. Mais les géographes grecs nous ont eux-mêmes expressément appris que leurs journées de navigation variaient selon les lieux, les tems et les moyens employés (1). Les évaluations qu'on a faites de ces sortes de distances itinéraires maritimes (2) ne doivent donc être considérées que comme approximatives, et nullement supérieures aux données qui résultent de la description physique et historique des contrées visitées.

Erreurs d'estime des navigateurs.

Comment aussi pouvait-on se flatter de fixer la valeur des anciennes journées de navigation, quand il est notoire qu'on ne connaît qu'à peine celle des courses faites par des navigateurs plus rapprochés de notre siècle? Les moyens ordinaires pour évaluer les distances par mer sont encore sujets à des incertitudes. L'estimation du chemin parcouru par un navire demande la connaissance de l'effet des courans, qui agissent à la fois sur le vaisseau et sur le morceau de bois ou *bateau du loch*, que les marins lancent à la mer, et qui leur sert d'un point fixe d'où ils comptent combien ils avancent dans un tems donné, ordinairement une demi-minute. On mesure ce mouvement au moyen d'une corde divisée par des nœuds, dont l'intervalle répond à la cent-vingtième partie de l'heure. Mais lorsque le vaisseau et le *bateau* se trouvent soumis à l'action du même courant, la distance de laquelle le vaisseau dépasse le loch indique seulement la vitesse relative du navire à l'égard du courant, et il reste encore à déterminer la vitesse que ce courant imprime en même tems au bateau du loch et au navire. Telle est la principale origine des différences, souvent très-considérables, entre le lieu où les pilotes croient se trouver suivant l'estimation de leurs routes, et celui où le navire est réellement parvenu. Grâces à ces erreurs, les terres découvertes par les Magellan, les Mendana, les Quiros, ont été si mal placées en longitude,

(1) *Ptolémée*, Géog. I, c. 9. *Marcian Heracl.*, p. 67[e] (tom. I, Géog. Minor.). (2) Voyez les auteurs cités aux *Tables* de ce volume.

que les géographes ont eu de la peine à les retrouver. Nous avons, pour ainsi dire, vu flotter dans près d'un quart de la circonférence du globe les îles de *Salomon*, si remarquables par leur beauté, leurs richesses, et par la description détaillée que nous en a laissée Mendana, qui les a découvertes. Aucun des navigateurs qui parcoururent ces parages après lui, en commençant par Quiros, son compagnon de voyage, et qui le suivit immédiatement, ne put rompre le charme qui semblait interdire aux humains l'accès d'une terre que l'imagination, exaltée par les obstacles, revêtait des couleurs les plus éclatantes. Les esprits les plus calmes commençaient à révoquer en doute leur existence, lorsque Dalrymple et Fleurieu démontrèrent qu'elles devaient être identiques, soit avec la *Nouvelle-Bretagne* de Dampier, soit avec la terre des *Arsacides* et les îles adjacentes, visitées par MM. de Bougainville et de Surville. Dans cette dernière hypothèse, les latitudes qu'on leur avait d'abord assignées se trouvaient peu exactes; mais les courans qui portent de l'est à l'ouest, dans le grand Océan, avaient accéléré de beaucoup, sans qu'il pût s'en apercevoir, la vitesse du bâtiment de Mendana, qui ne s'estima qu'à 1500 lieues espagnoles, ou environ 1700 lieues marines de France, des côtes du Pérou, lorsqu'il s'en trouvait réellement à près de 2400 lieues.

Exemple tiré des îles de Salomon.

Depuis que l'observation fréquente des longitudes a permis de comparer, dans beaucoup de points, le chemin estimé avec celui qui avait été réellement parcouru, les navigateurs qui ont fait le tour du monde ont rassemblé des données très-multipliées et très-importantes sur la vitesse des courans dans les diverses mers du globe (1).

Emploi des [illegible] les anciennes.

Les observations astronomiques, les levées trigonométriques, et les distances itinéraires, sont les trois élémens de toute carte entièrement *originale*. Mais ordinairement on ne trouve pas ces trois élémens complètement réunis, surtout pour des contrées éloignées de l'Europe; on est

(1) *Voyage du capitaine Marchand*, rédigé par M. de *Fleurieu*.

donc réduit à répéter avec discernement ce que d'autres géographes ont publié à l'égard des parties sur lesquelles on n'a point de donnée nouvelle. C'est encore ici que le géographe a besoin d'une grande sagacité.

Lorsqu'il a établi la concordance des mesures ou des échelles employées dans les diverses cartes qu'il veut analiser et discuter, il est en état de construire une graduation à celles qui n'en ont pas, pourvu que la latitude et la longitude d'un point quelconque de ces cartes lui soient connues, ou immédiatement, ou par ses distances à des points donnés. Il peut, par conséquent, comparer, par les positions qu'elles assignent aux mêmes lieux, les cartes qui représentent les mêmes régions; et cette manière de procéder est en même tems la plus sûre et la plus commode, parce qu'elle rend facile l'observation des différences résultant des projections. Si maintenant le géographe trouve le même point placé sous des latitudes et des longitudes différentes dans plusieurs cartes, il faut que, pour apprécier ces diverses données, il examine comment ces cartes présentent d'autres circonstances essentielles; c'est alors qu'il doit comparer les situations respectives des lieux par rapport à des points astronomiquement déterminés, et qu'il doit scruter minutieusement la configuration des rivages, la trace des fleuves, des chaînes de montagnes et des grands chemins, l'indication des limites de territoire. Un semblable examen lui apprend en quoi ses cartes diffèrent et en quoi elles s'accordent: c'est à lui à choisir entre elles. Les latitudes, moins difficiles à observer que les longitudes, sont généralement mieux fixées sur les cartes dressées d'après les relations des voyageurs d'une date un peu ancienne. Le défaut commun des cartes antérieures à d'Anville est d'augmenter de beaucoup les distances des lieux dans le sens *est* et *ouest*. Plus les points dont il s'agit sont éloignés du méridien principal, d'après lequel ont été déterminées les longitudes des autres, plus ces erreurs deviennent considérables. C'est ce qui frappe les yeux les

Comparaison des cartes.

Défaut commun des cartes anciennes.

moins exercés dans les cartes de Ptolémée, par rapport aux différences de longitude qu'elles donnent entre Alexandrie et les autres villes situées sur les bords de la Méditerranée. L'absurde opinion qui place la Sérique en Chine, et d'autres erreurs semblables, ne sont dues qu'à la fausse extension des cartes de Ptolémée dans le sens de longitude. Mais nous devons à cette même cause, répétée dans les cartes du moyen âge, l'heureuse erreur sur l'éloignement vers l'est des îles du Japon ou de Zipangou, dans laquelle Christophe Colomb puisa le courage qui lui fit franchir l'Océan Atlantique.

Les cartes de Sanson, de Jaillot et autres, dressées à la fin du dix-septième siècle, et admirées par quelques bibliomanes, dilatent encore toutes les contrées dans le sens des longitudes (1). De pareilles cartes fournissent pourtant des matériaux utiles lorsqu'on en corrige les positions dans le sens *est* et *ouest*, en répartissant proportionnellement à la distance au méridien principal, les différences entre les longitudes que ces cartes donnent, et celles qui résultent des nouvelles déterminations.

Trop souvent le géographe n'a aucune raison décisive pour choisir entre les différentes positions assignées au même lieu par plusieurs cartes. Environné d'incertitudes, il ne lui reste alors qu'à prendre le milieu, suivant les règles arithmétiques, entre les latitudes d'une part, et les longitudes de l'autre, telles que les donnent les cartes. Il place ensuite, sur celle qu'il veut construire, les principaux points, d'après une réduction dont il serait superflu d'indiquer les procédés. Quelquefois le géographe est obligé de comparer les cartes de détail par les distances qu'elles donnent entre les mêmes lieux, distances qui ont été le plus souvent les élémens de la construction de ces cartes, et que, pour cette raison, il est souvent essentiel de retrouver. Il peut alors choisir, sur chacune de celles qu'il veut comparer, deux points correspondans, déter-

Combinaison des distances discordantes.

(1) *D'Anville*, Considérations, p. 11, *sqq*.

miués avec certitude, et desquels il mesure les distances à tous les autres. Toutes ces distances étaut ramenées à une seule échelle, il trace sur le papier une ligne qui représente la distance des deux points priucipaux, suivant l'échelle qu'il emploie. Sur cette ligne, servant de base, il décrit, avec les distances tirées de chaque carte eu particulier, des triangles, dont le sommet répond à la place assiguée par chacune de ces cartes aux points qu'il examine. Deux déterminatious diverses du même poiut étant jointes par une ligne, ce sera sur le milieu de cette ligue que se rencontrera la position moyenne. Trois déterminations donnent uu triangle, et un plus grand nombre fait naître un polygone : dans ces cas, la positiou moyenne se trouve en cherchant le centre de gravité de l'aire de ce polygone, ses angles devant être considérés comme des masses égales à l'unité. Ce n'est pas ici le lieu de donner la démonstration de cette règle, foudée sur les principes de la statique et sur la théorie des valeurs moyeunes; il peut toutefois nous être permis de rappeler que, lorsqu'il s'agit d'un triangle, le ceutre de gravité se trouve à l'intersection des droites qu'on tire des sommets de deux angles sur les points de milieu des côtés opposés. Ou n'a besoin que de cette construction facile dans le cas le plus ordinaire, lorsqu'on n'a que trois déterminatious. Une fois les distances moyennes fixées d'un poiut à deux autres dont la position est donnée, il est facile de conclure la latitude et la lougitude de ce point, et de le placer ensuite, par leur moyen, sur la carte que l'on construit, quelle qu'en soit la projection. Lorsque les points combinés embrassent un espace assez peu étendu pour que la projection ne s'y rende pas sensible, on abrége le travail en transportant sur la carte, au moyen du *tréillis*, les résultats de ces comparaisons.

Les élémens mathématiques d'une carte étant déterminés, il reste encore à y faire entrer les détails historiques, politiques et physiques dont sou étendue et sa destination la rendent susceptible.

Signes géographiques.

Les objets de la géographie ordinaire n'exigent que l'emploi d'un petit nombre de signes faciles à reconnaître, et dont les anciens géographes expliquaient le sens dans une légende placée à l'un des côtés de la carte; usage qu'on devrait reprendre dans les atlas élémentaires. Ces signes indiquent l'emplacement des lieux, et sont modifiés suivant l'importance de ces lieux et le rang qu'ils occupent dans le gouvernement civil, militaire ou ecclésiastique. Quand on veut mesurer des distances sur la carte, il faut remarquer le très-petit cercle qui est ou adjacent, ou inscrit dans chacun de ces signes, parce que c'est le point central de ce cercle qui fixe la position géographique du lieu. Lorsque la carte descend dans un grand détail, ou y exprime les principaux traits du plan des villes un peu étendues; on doit alors avoir soin de marquer dans ce plan celui de ses points auquel se rapporte la position géographique. Un simple trait dessine les cours d'eau de peu de largeur, et l'on n'indique séparément les deux rives que lorsque les dimensions du lit du fleuve ou de la rivière peuvent être appréciées par l'échelle de la carte; ce qui a lieu le plus souvent aux embouchures et aux endroits où le lit est semé d'îlots. C'est par un trait bien net, bordé de hachures, qu'on indique les rivages de la mer. Dans les cartes géographiques, ces hachures, extérieures par rapport aux terres, semblent représenter les ondulations de la mer sur les côtes; tandis que, dans les cartes marines, les hachures portées sur la terre peignent aux yeux l'escarpement des côtes. Les canaux de navigation, tracés sur une suite d'alignemens, sont représentés par des lignes brisées, qui les distinguent suffisamment des cours d'eau naturels, indiqués par une ligne ondulée. Les routes sont souvent marquées par deux traits fins et parallèles, quelquefois par de simples lignes, soit pleines, soit ponctuées; cependant on réserve, le plus ordinairement, ces dernières pour marquer les limites des États et de leurs provinces, et on varie à cet effet la grandeur et la forme des points. Pour rendre plus frappantes

les divisions politiques, qui si souvent forment un contraste absurde avec les limites naturelles, on supplée, par des couleurs variées, à la monotonie de la gravure. Quelques géographes allemands ont conservé l'ancienne méthode française d'étendre une même teinte sur toute la région qu'on veut distinguer des autres. Cette manière d'enluminer a peut-être moins de grâce que celle qui est aujourd'hui usitée en France ; mais elle a aussi l'avantage de faire mieux apercevoir la grandeur des régions et les formes de leurs limites : elle devrait être adoptée dans tout atlas élémentaire. Enluminures.

Quelques instituteurs pensent encore avec raison que l'ancienne manière de désigner les villes par de petites tours, multipliées et modifiées selon le rang des cités, était préférable dans les cartes générales au système prescrit dans le *Dépôt de la Guerre*, et qui consiste à représenter tout en plan géométrique (1) ; système dont, selon nous, l'application rigoureuse devrait être réservée aux cartes topographiques et chorographiques.

Nous ne pouvons passer sous silence un point dont, parmi les Français, le seul d'Anville (2) a senti l'importance ; il s'agit de l'exactitude orthographique des noms à placer sur les cartes. Le bon sens dicte la règle d'écrire chaque nom géographique d'une manière aussi rapprochée que possible de celle qui est usitée dans le pays auquel le nom appartient, et de celle qu'indique la saine étymologie. Il ne faut admettre une orthographe corrompue que dans le cas où la vraie ne serait pas entendue du plus grand nombre des lecteurs. Ainsi, on a certainement tort en écrivant *Natolie*, au lieu d'*Anatolie*, exigé par l'étymologie grecque, ou *Dannemarck* avec la consonne allemande *ck*, à la place de *Danemark*, qui est à la fois conforme au génie de la langue française et à celui de la langue danoise. C'est ainsi qu'on Orthographe des noms.

(1) *Mémorial topographique et militaire.*

(2) *D'Anville*, Considérations sur la Géographie, p. 61 *sqq.*

pourrait ramener à la vraie orthographe un certain nombre de dénominations géographiques. Toutefois un nombre infiniment plus considérable échapperait à jamais à cette réforme. Il serait, par exemple, facile d'introduire le nom *Ireland* au lieu d'Irlande, et on y gagnerait de ne plus confondre cette île avec l'Islande; mais on n'oserait jamais admettre *Scotland* pour Ecosse, attendu que le premier nom, quoiqu'il soit le véritable, ne serait pas intelligible pour la plupart des lecteurs. Tâchons du moins d'écrire le noms des villes qui ne sont pas encore francisés, comme les indigènes les écrivent. Il est vrai que c'est assez difficile de pratiquer cette règle, surtout à l'égard des noms tirés des langues dans lesquelles on emploie un alphabet différent de celui qu'ont adopté les nations de l'Europe occidentale. Tel est le cas des noms russes, persans, arabes, indiens et autres; tel est encore le cas des noms polonais, attendu que les Polonais ont eu la bizarrerie, en appliquant l'alphabet romain à leur langue, d'attribuer à plusieurs lettres une valeur différente de celle que nous leur donnons. Ce n'est pas ici le lieu d'examiner tous les expédiens qu'on pourrait tenter pour établir, une fois pour toutes, une orthographe géographique, sinon fixe, ce qui serait même inutile, du moins facile à suivre et à comprendre (1).

Signes de géographie-physique.

La partie physique d'une carte exige encore d'autres soins que ceux que nous venons d'indiquer. On veut savoir si un pays est couvert de plaines ou hérissé de montagnes, s'il est nu ou boisé, sec ou marécageux. Les dessinateurs ont imaginé des moyens, soit pittoresques, soit de convention, pour exprimer, sur les levés trigonometriques et sur les plans topographiques, ces diverses circonstances qui, réunies au climat et aux lois des phénomènes météorologiques, déterminent la *géographie-physique* de chaque contrée. Il suffit de jeter les yeux

(1) Comp. *Langlès*, Préface du voyage de Norden; *Volney*, sur l'alphabet russe, etc.

sur des plans de ce genre, pour reconnaître les signes qu'on y emploie ; ils sont tous conformes aux règles d'une perspective à vue d'oiseau ; ainsi les parties plus ou moins fortement ombrées, représentent des pentes plus ou moins roides, sur lesquelles la lumière se perd, d'au-plus qu'elles se rapprochent davantage de la verticale. Il Il était naturel que le dessin des cartes géographiques restât en arrière de celui de la topographie, surtout à l'égard des montagnes ; car l'échelle de ces cartes est nécessairement trop petite pour qu'on puisse commodément y exprimer, dans de justes proportions, les innombrables inégalités du terrain, depuis les plus hautes chaînes de montagnes jusqu'aux collines du dernier ordre. Autrefois on avait pris le parti de représenter les montagnes par de petites élévations de profil, qui supposaient l'œil du spectateur dans le plan de la carte. On cherche aujourd'hui à représenter à vue d'oiseau les chaînes et les groupes de montagnes, et jusqu'aux pics ou pointes isolées qui reposent en général sur des élévations plus ou moins considérables, mais dont l'étendue offre des contours qui déterminent la forme des vallées (1). La nouvelle méthode serait sans doute préférable, si l'on pouvait conserver une juste proportion, entre les diverses élévations, et si l'on possédait tous les renseignemens nécessaires pour déterminer, point par point, le niveau du terrain. Mais, tant que ces élémens nous manqueront, la méthode nouvelle sera aussi arbitraire et aussi illusoire que l'ancienne paraît peu naturelle et peu satisfaisante.

Dessin des montagnes.

Les partisans des montagnes à vue d'oiseau, en nous montrant les cartes de d'Anville, s'écrient : « Combien » sont vagues et insignifiantes ces montagnes marquées » en pointes isolées ! On n'y voit autre chose, sinon que » le pays qu'elles occupent est montueux ; autant vaudrait-il écrire : *là il y a des montagnes ;* rien n'indi- » quant le cours des chaînes, leurs divers abaissemens et

(1) Mémorial topographique et militaire, cah. V.

» leurs connexions, soit entre elles, soit avec les îles qui » font les sommets des chaînes de *montagnes sous-marines*, ou qui traversent le bassin des mers. » Mais, d'abord, il y a bien d'autres cartes que celles de d'Anville, et dans lesquelles les montagues, quoique exprimées en profil, flattent l'œil et satisfont l'esprit. Ensuite, nous demanderons, à notre tour, si la géographie a réellement gagné par l'admission de toutes ces prétendues chaînes, soit terrestres, soit *sous-marines*, que M. Buache le père a créées, en supposant arbitrairement que tous les bassins des rivières étaient séparés par des hauteurs considérables.

Méthode proposée pour exprimer les niveaux.

On a poussé les prétentions de la topographie bien plus loin encore. Un ingénieur-géographe, M. Dupain-Triel, a publié une méthode d'après laquelle une carte géographique indiquerait l'élévation de chaque point du terrain; en observant, dit-il (1), que si l'on joignait sur une carte marine, par une ligne, tous les points auxquels sont marquées des sondes égales, le contour de cette ligne serait celui d'une section faite au fond de la mer par un plan horizontal abaissé au-dessous de la surface du fluide d'une quantité égale au nombre de mesures ou *brasses* contenues dans la sonde. De cette remarque, juste en elle-même, il croit tirer une donnée pour représenter *géométriquement* la configuration de la surface d'un pays. Ce moyen consiste à tracer sur la carte que l'on construit, les lignes qui passent par des points placés au même niveau, ou à la même hauteur, au-dessus de la surface de la mer; lignes qui deviendraient successivement ses rivages, si elle s'élevait, par une cause quelconque, à la hauteur où elles sont situées; comme les lignes qui joignent des sondes égales deviendraient à leur tour les rivages de la mer, si elle s'abaissait du nombre de brasses marqué sur

(1) *Dupain-Triel*; Carte intitulée : Méthode nouvelle pour exprimer sur les cartes les hauteurs, etc., avec un mémoire de M. *Du Carla*. Paris, 1784. *Id.* Carte de la France, où l'on a essayé, etc. An VII.

ces sondes. On graduerait les hauteurs de ces lignes ou *sections horizontales du terrain*, suivant l'échelle de la carte et la rapidité des pentes. Sur un projet des cartes de la France, qu'il a publié, M. Dupain-Triel trace dans les pays presque plats, et vers les bords de la mer, la ligne qui passe par les points élevés de 10 toises; puis celle qui passe par les points élevés de 20; et ainsi de suite, de 10 en 10 toises. On voit bientôt ces lignes, d'abord assez espacées, se resserrer à mesure que le pays s'élève plus rapidement. A l'entour des montagnes isolées, les lignes de niveau, marquées seulement pour des différences de 50 toises, et même de 100, se resserrent d'autant plus que les pentes sont plus roides. Les plateaux sont indiqués par les lignes de niveau qui les contournent. Enfin, si on conçoit des lignes qui coupent à angles droits les lignes de niveau, on aura les *lignes de la plus grande pente*, ou celles qui suivent dans leur chute les eaux répandues sur les flancs des montagnes.

Jugement sur cette méthode.

Quoique cette méthode de M. Dupain-Triel ne soit pas nouvelle, ayant déjà été proposée par Ph. Buache et d'autres (1), elle mérite sans doute quelque attention. Il est évident qu'elle donne prise aux procédés de la géométrie descriptive, pour résoudre des problèmes sur la succession des plateaux, l'intersection des pentes et la rencontre des bassins; problèmes intéressans dans la construction des chemins et des canaux : elle offrirait le moyen de recueillir et de mettre à l'usage de tout le monde une foule de nivellemens et d'observations faites, par les ingénieurs militaires et civils, sur les hauteurs des montagnes, et dont les résultats vont s'ensevelir dans les cartons des administrations : enfin, le parti qu'on en pourrait tirer exciterait les voyageurs et les savans résidans dans toutes les grandes villes à multiplier les observations barométriques qui déterminent les hauteurs

(1) Mémoires de l'Académie des sciences, 1752, p. 399; 1753, p. 586; et 1756, p. 109.

respectives des lieux où elles sont faites. Mais avant que les élémens d'une semblable carte soient plus nombreux et plus authentiques que ceux que nous possédons, son exécution ne servirait guère qu'à donner un air de réalité à des idées systématiques fort incertaines. En tout cas, la confusion qui résulterait de cette multiplicité de lignes empêcherait qu'on ne désignât clairement sur ces cartes aucun objet de géographie politique ou historique. Il faut donc reléguer toutes les inventions de ce genre dans des cartes spécialement consacrées à la géographie-physique, de même qu'on réserve les détails d'hydrographie pour les cartes nautiques.

LIVRE VINGT-NEUVIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Premiers aperçus de la Géographie-physique. Formes générales et distribution des Continens et des Mers. Configuration extérieure des Montagnes, Vallées, Plaines et Côtes.

APRÈS avoir considéré la terre sous les rapports de ses dimensions, nous allons en étudier la nature physique. Cette partie, la plus intéressante peut-être de notre ouvrage, en sera nécessairement la plus imparfaite ; car une bonne géographie-physique ne peut être que l'ouvrage des siècles et des nations. Cette science, pour naître et pour fleurir, a besoin d'observations continuelles, multipliées, faites sur tous les points du globe, et combinées de manière à ne laisser aucun interstice ni aucun vide. Vues générales sur la géographie-physique.

D'un autre côté, il n'en est pas de la géographie naturelle comme de la minéralogie, de la chimie, de la botanique. Les arrangemens, les classifications, les méthodes subtiles et rigoureuses, ne lui sont guère applicables, et ne feraient la plupart du tems que nuire à ses progrès, en l'encombrant d'un appareil de notions illusoires. Les montagnes, les vallées, les eaux, les climats, les régions physiques, se présentent aux yeux d'un sincère ami de la vérité sous un aspect très-compliqué, très-irrégulier, et qu'il est plus facile de dépeindre que de définir. La grandeur et la majesté de la nature échappent à la subtilité de nos combinaisons et à la petitesse de nos règles.

Sans doute l'esprit de la géographie-physique repousse un langage vague et incorrect ; mais, d'un autre côté, peut-il admettre la précision des termes empruntés des mathématiques ou de la chimie ? Quelle différence des contours sinueux ou dentelés de nos montagnes, avec la

régularité des figures géométriques ! Quel abus n'a-t-on pas fait des termes *pyramidal*, *conique* et autres ! Combien de fois le terme de *cristallisation* a-t-il été employé à couvrir la nullité d'une observation mal approfondie ! Ce fameux mot a servi, comme le glaive d'Alexandre, à trancher tous les nœuds qu'on ne savait pas délier. Dans les cabinets, presque tout est cristal; dans la nature, presque tout est sans figure régulière.

Même les choses qui frappent le plus les yeux, combien ne sont-elles pas difficiles à réduire à des termes généraux ! On désigne communément toutes les élévations de terrain, pour peu qu'elles se prolongent, sous le nom général de *chaînes*. Mais il est certain que les montagnes forment plus souvent des *groupes* que des chaînes; même les chaînes les plus apparentes ne sont souvent que des séries de groupes. D'autres fois, le même massif de montagnes qui, vu d'un côté, paraît former une chaîne, n'est réellement que l'*escarpement* d'un plateau ou plaine élevée. Les voyageurs donnent souvent pour des montagnes les falaises qui bordent les rivières. Que serait-ce si l'on voulait énumérer les erreurs introduites par la manie de rapporter tout à un système ! Il y a eu une époque où toute pierre noire passait pour un produit volcanique, et tout enfoncement circulaire pour un cratère.

État imparfait des observations. Les autres parties de la géographie naturelle sont également environnées de ténèbres. Qu'est-ce qu'une hydrologie presque dépourvue de nivellemens et de sondes ? Les observations immédiates sur les climats sont un peu plus multipliées; mais d'abord il faut avouer que nos thermomètres n'indiquent pas la chaleur latente, dont l'influence est si grande et si universelle; et puis les meilleures observations sur le climat perdent souvent la moitié de leur mérite par le manque d'une description exacte du terrain. La géographie botanique, telle qu'on l'a écrite la plupart du tems, en copiant simplement les *Flores* de chaque pays, est aussi incomplète qu'inutile; il faut distinguer l'élévation du terrain, la qualité du sol, et bien

d'autres circonstances locales. S'il paraît plus facile de déterminer les rapports géographiques des races animales actuellement répandues sur la terre, quel abîme ne se découvre pas à nos regards dès que nous apercevons ces restes fossiles des générations aujourd'hui éteintes, et qui jadis ont dû peupler notre planète ! Que de bouleversemens, que de monts écroulés et de rochers décomposés, que de vallées remplies et de lacs desséchés, que d'invasions de la mer sur les continens, que d'éruptions de feu volcanique, quels combats de tous les élémens, combats tour à tour lents ou rapides, imperceptibles ou épouvantables, destructifs ou créateurs, ont dû précéder l'état actuel de notre globe, état qui ne présente partout que les anciennes ruines d'un édifice dont nous ignorons les proportions primitives! La géographie-physique nous fait sentir toute l'impuissance de notre esprit. Nous avons déterminé la masse du soleil, nous connaissons les lois de la pesanteur à la surface de Jupiter; nous avons mesuré l'élévation des montagnes de la lune; même la comète vagabonde semble obéir aux calculs de nos géomètres : mais l'intérieur de cette terre sur laquelle nous marchons échappe à nos recherches; nous n'y sommes pas descendus d'une deux-millième partie du diamètre du globe. Que dis-je ? même la surface de la terre ne nous est pas connue dans sa totalité : nous ignorerons peut-être à jamais les secrets qu'enferment les deux régions polaires. Tâchons d'exposer avec clarté, mais surtout avec fidélité, et sans mélange d'un orgueilleux système, le petit nombre de faits que l'observation a rassemblés, et qui ont passé par le creuset de la saine critique.

Lorsqu'on jette un coup d'œil sur nos mappemondes, on y voit la surface du globe divisée en grandes masses de terre qu'on appelle *continens*, et en grands bassins couverts d'eau, et qu'on nomme *mers*. Comme dans les parties cachées sous l'eau nous observons de petites masses de terre qui s'élèvent au-dessus des flots environnans, et qu'on nomme *îles*; de même, en parcourant les continens, nous

Divisions physiques du globe.

Continens, mers, etc.

remarquons des espaces isolés couverts d'eau ; ce sont des *lacs*. Une île ne diffère d'un continent que par les dimensions, et on ne donne au fond, à certaines masses de terre, le nom de continent, que parce qu'on est resté long-tems incertain si un navire pouvait en faire le tour, et qu'en effet des circonstances physiques ont jusqu'à présent empêché l'exécution d'une semblable navigation (1).

Méditerranées, golfes, etc.

Plusieurs portions de terres et de mers s'étendent réciproquement les unes dans les autres. Si la mer pénètre dans l'intérieur des continens, elle y forme des *méditerranées* ou de petites mers, environnées de terre dans leur plus grande circonférence, et ne tenant à la grande mer que par d'étroites embouchures ; si l'étendue est moindre et l'ouverture plus large, ce sont des *golfes* ou des *baies*, termes que les savans ont voulu distinguer (2), mais que confond le plus souvent l'impérieux tyran des langues, l'usage. Les plus petites portions d'eau environnées de terres, et qui offrent un abri aux navires, s'appellent *port*, *anse*, ou *rade*; le premier terme indique un asile très-sûr ; le second s'applique à des ports d'une petite dimension, qu'on nomme *havres* lorsqu'ils sont l'ouvrage de l'art ; enfin, la rade ne présente qu'un mouillage temporaire, ou un abri contre certains vents. Si, d'un autre côté, les continens forment des avances dans la mer qui ne tiennent à d'autres terres que sur une petite partie de

Péninsules, etc.

leur circonférence, ce sont des *presqu'îles* ou *péninsules*, dont la figure répond à celle des golfes et des méditerranées. Il paraît que lorsqu'une semblable masse de terre touche au continent sur une ligne plus grande qu'un quart de sa circonférence, on ne saurait l'appeler *péninsule*. L'Arabie, par exemple, paraît mériter ce nom ; mais l'usage qui l'attribue également à la partie avancée de l'Inde, à l'occident du Gange, peut choquer un œil difficile ; la nature se joue de nos classifications. Si la saillie des terres

(1) *Kant*, Géographie-physique, II, part. I, p. 67. Édit. de Vollmer.
(2) *Fleurieu*, Introduction au *Voyage de Marchand*.

n'a que peu d'étendue, surtout en longueur, elle reçoit le nom de *cap*, de *promontoire* ou de *pointe*. Enfin, un canal resserré entre deux terres, par lequel une masse d'eau communique avec une autre, s'appelle un *détroit ;* l'opposé d'un détroit est un *isthme*, langue de terre resserrée entre deux mers, par laquelle deux masses de terre sont réunies. Beaucoup d'autres termes de ce genre, n'étant que d'une application locale, seront définis dans la suite, à mesure que nous les emploierons.

Considérons maintenant la surface du globe sous un point de vue général. Nous voyons que c'est pour ainsi dire une vaste mer, dans laquelle se trouve situé un grand nombre d'*îles*, dont la grandeur varie depuis les dimensions les plus colossales jusqu'à des étendues imperceptibles. Deux de ces îles portent le nom de *continens :* celui qu'habitent les nations les plus anciennement civilisées s'appelle l'*ancien continent*, et renferme trois parties du monde, savoir : l'Asie avec l'Europe et l'Afrique ; le *nouveau continent* est tout entier compris sous le nom d'*Amérique*, quoique la nature l'ait partagé en deux péninsules bien distinctes, dont une devrait être désignée par l'équitable histoire sous le nom de *Columbie*. Au milieu du plus vaste bassin aquatique s'élève la *Nouvelle-Hollande*, que plusieurs géographes appellent le *troisième continent*, quoiqu'il paraisse plus exact de n'y voir que la plus grande des terres auxquelles restera le nom d'*îles*, et qu'on nomme *archipel* lorsqu'elles se trouvent groupées ensemble en nombre considérable. Le vaste archipel qui s'étend à l'est de l'ancien continent, et au centre duquel la Nouvelle-Hollande éclate comme une reine au milieu de son cortége, semble mériter d'être considéré comme une nouvelle partie du monde, que nous désignerons sous le nom d'*Océanique*.

Ancien continent. Parties du monde. Nouveau continent.

Il n'y a sur notre globe, à proprement parler, qu'une seule mer, un seul fluide continu répandu autour de la terre, et qui vraisemblablement s'étend d'un pôle à l'autre, en couvrant à peu près les trois quarts de la sur-

L'Océan.

face du globe. Tous les golfes, toutes les méditerranées ne sont que des parties détachées, mais non pas séparées de cette mer universelle qu'on nomme l'*Océan*. Ce n'est que pour plus de commodité dans l'usage journalier que l'on distingue différentes sections de l'Océan, sous la dénomination *des mers*. Cette division arbitraire et incomplète est en même tems sujette à des incertitudes, et varie chez les différens peuples de la terre. Nous adoptons la classification suivante, dont on peut, au moyen d'un globe artificiel, vérifier la justesse et la simplicité.

Classification des mers.

A. *Grand bassin austro-oriental*, occupant la plus grande partie de l'*hémisphère aquatique* du globe.	1. *Océan austral*, (mer Glaciale du sud).	Sa frontière peut être fixée par une ligne tirée du cap Horn au cap de Bonne-Espérance; de là à la terre de Diemen, et revenant par le sud de la Nouvelle-Zélande au cap Horn.
	2. *Océan oriental*, (mer Pacifique).	*a.* Le *grand Archipel*, ou la partie comprise entre la Nouvelle-Zélande au sud, les îles Marquésas à l'est, l'île Formosa au nord, le détroit de Malaca à l'ouest.
		b. L'*Océan oriental du nord*, entre l'Asie et l'Amérique septentrionale. Les *méditerranées* de Japon et de Kamtchatka, et *la mer de Behring*, en font partie.
		c. L'*Océan oriental du sud*, depuis les îles du grand Archipel jusqu'à l'Amérique méridionale.
	3. *Océan indien*.	Avec ses divers golfes; les limites désignées ci-dessus indiquent ce qui reste pour cette section. Les *golfes* d'*Arabie*, de *Perse* et du *Bengale* en font partie.

B. *Bassin occidental*, formant une espèce de manche entre les deux grands continens.

4. *Océan occidental.*

- a. *Océan septentrional.* Sa frontière du sud est formée par le Pas-de-Calais, la Grande-Bretagne, les îles de Féroër et l'Islande.
  Les *méditerranées septentrionales* de l'Europe, ainsi que la *mer Glaciale du nord*, en sont des branches.
- b. *Océan atlantique*, depuis la frontière précédente jusqu'aux deux pointes les plus rapprochées du Brésil et de la Guinée.
  Branches.
  1. La *Méditerranée* et ses golfes.
  2. Le *golfe de Mexique*, etc.
  3. Les baies de Baffins et d'Hudson, ou *mers des Esquimaux.*
- c. *Océan éthiopien*, entre le Brésil, l'Afrique, jusqu'à l'alignement du cap Horn et du cap de Bonne-Espérance.

En suivant sur le globe cette division, nous nous apercevrons de plusieurs résultats généraux faits pour commander notre attention.

D'abord, n'est-il pas remarquable qu'une moitié du globe soit couverte d'eau, tandis que l'autre contient moins d'eau que de terre? Il faut, pour saisir l'ensemble de l'hémisphère aquatique, tourner le globe, de sorte que la Nouvelle-Zélande en soit le point le plus élevé, ou jeter l'œil sur une mappemonde projetée sur un horizon peu éloigné de celui de Paris (1); l'hémisphère circonscrit par l'horizon de nos antipodes ne présente que quelques îles, quelques promontoires et lisières de côtes au milieu d'une mer immense, tandis que l'hémisphère borné par

Hémisphère terrestre et aquatique.

(1) Voyez le planisphère du père *Chrysologue de Gy*, ou le *grand atlas* de notre ouvrage.

Dimension de l'Océan austro-oriental.

notre horizon réunit la presque totalité des terres. Si les glaces polaires du sud n'enferment point quelques îles considérables, on peut, en suivant le méridien du cap de Bonne-Espérance par le pôle, jusqu'aux environs du détroit de Behring, tracer une ligne de 200 degrés (ancienne mesure), ou de 4000 lieues marines, ligne égale à la moitié de la circonférence du globe, plus, 400 lieues, et qui passe sur une surface entièrement aquatique. Sous l'équateur, une ligne tirée de l'Afrique par Sumatra et Bornéo jusqu'en Amérique, présente, quoique avec deux ou trois interruptions, un développement aquatique de 4200 lieues. Enfin, le quarantième parallèle de latitude australe offre une zone aquatique interrompue seulement pendant 15 degrés, et par conséquent formant une circonférence de près de 5300 lieues marines, un peu moins de deux tiers de la périphérie du globe. Telle est la vaste étendue du bassin austro-oriental de l'Océan du globe terrestre.

La forme du bassin occidental n'est pas moins frappante. Elle ressemble à une manche qui se rétrécit vers le pôle, en communiquant avec le grand bassin, d'un côté par le détroit de Behring, et de l'autre côté par la large ouverture de l'Océan éthiopien. La mer Méditerranée correspond au golfe de Mexique; la mer Baltique avec celle du Nord est opposée aux baies de Baffins et d'Hudson.

Comparaison des hémisphères boréal et austral.

La distribution des mers et des terres est encore très-inégale, si, en faisant abstraction de la forme des bassins de l'Océau, on compare les hémisphères séparés par l'équateur, ou la moitié boréale et australe du globe. Nous avons trouvé, par une estimation aussi exacte que possible, que les terres étaient aux hémisphères et aux zones qui les renferment, dans les proportions suivantes :

Dans la zone glaciale du nord.	0,400
——— zone tempérée du nord	0,559
——— zone torride, partie du nord. . .	0,297
Dans l'hémisphère boréal.	0,419

Dans la zone glaciale du sud.	0,000
——— zone tempérée du sud.	0,075
——— zone torride, partie sud.	0,312
Dans l'hémisphère austral.	0,129

Les géographes et les naturalistes du milieu du dix-huitième siècle firent divers raisonnemens sur cette distribution inégale des terres et des mers. Ils en conclurent unanimement l'existeuce d'un grand continent austral qui devait contre-balancer la masse des terres situées dans l'hémisphère boréal (1). Les voyages du capitaine *Cook* ont anéanti toutes ces suppositions. Ce navigateur n'a trouvé, jusqu'à 70 degrés de latitude australe, qu'une vaste mer renfermant beaucoup de glaçons flottans ou fixes, et un petit nombre d'îles qu'on avait mal à propos regardées comme des promontoires du continent austral. Il ne reste encore vers le pôle qu'une zone d'envirou 5 à 600,000 lieues marines carrées, dans laquelle il peut y avoir des terres inaccessibles aux navigateurs à cause des glaces; mais leur masse ne changerait que très-peu la proportion entre les hémisphères.

Si les terres australes sont nécessaires à l'équilibre du globe?

Selon l'opinion aujourd'hui généralement admise, la partie des terres qui s'élève au-dessus de la surface des mers est si peu de chose en proportion de l'immensité du globe, que l'effet de leur distribution inégale sur l'équilibre du globe doit être nul, ou du moins insensible. Il serait d'ailleurs possible (2) que les mers, vers le pôle du sud, fussent moins profondes que dans l'hémisphère boréal, et qu'ainsi les couches de terre sous-marines du sud contre-balançassent les couches plus élevées du nord, mais entourées de bassins plus excavés. Cette hypothèse deviendrait surtout plausible dans le cas où le plus grand aplatissement du globe vers le pôle austral, indiqué par

(1) *Bergmann*, Géographie-physique, I, p. 6 (2e édit. d'Upsala, en suédois). *Dalrymple*, Histoire des Navigations. *Buffon*, *Buache*, etc.

(2) *Desmarets*, Encyclop. méthod., Géog.-phys., I.

les mesures de *La Caille*, en Afrique (1), se trouverait un jour confirmé par des mesures correspondantes en Amérique et dans la Nouvelle-Hollande; car alors cet hémisphère étant en général plus déprimé que l'autre, l'Océan, par sa propre tendance à se mettre au niveau, se serait étendu sur les terres australes qu'il aurait noyées sous ses eaux.

Direction des péninsules.

Les deux continens offrent un trait de ressemblance dans la direction de leurs péninsules; elles sont presque toutes tournées au midi : tel est le cas de l'Amérique méridionale, de la Californie, d'Alascgha, du Groënland, de l'Arcadie, de la Floride, de la Scandinavie, de l'Italie, de la Grèce, de l'Arabie, de l'Inde, de la Corée, du Kamtchatka, de l'Afrique (2). Deux péninsules notables, l'Iucatan et le Jutland, tournées au nord, ne consistent qu'en plaines et terres d'alluvion.

Direction des continens.

Mais la direction générale des terres diffère entièrement d'un continent à l'autre : le nouveau s'étend de pôle à pôle; la direction de l'ancien est plus parallèle à l'équateur, et si l'on ne considère que l'Europe et l'Asie, elle l'est parfaitement. La plus longue ligne droite qu'on puisse tracer sur l'ancien continent, en passant autant que possible sur des terres, commence, selon *Bergmann*, sous le 61e degré de latitude septentrionale, près de l'embouchure de la rivière Ponaschka dans la mer d'Anadyr; traverse la ville de Nargun, le lac Aral et la partie méridionale de la mer Caspienne; passe près du golfe Persique et au nord du détroit de Bab-el-Mandeb; traverse l'Afrique en suivant les monts de Lupata, ou l'Epine-du-Monde, et se termine au Cap de Bonne-Espérance. Elle est longue de 148 degrés ou 2960 lieues marines (3); à l'est, elle forme avec l'équateur un angle de 65 degrés. Les parties du continent situées à l'est et à l'ouest de cette ligne, sont à

(1) Voyez ci-dessus, liv. XXIV, p. 50, 53, etc. (2) *Baco Verulam.* Nov. Organ., l. II, aphor. 27. (3) Géographie-physique, I, 3-5. Comp. *Buffon*, Preuves de la Théorie de la terre, art. 6. (La ligne tirée par Buffon passe par-dessus la mer Glaciale.)

peu près égales. Il est difficile de tracer une semblable ligne droite sur le nouveau contiuent. *Bergmann* la commence à 60 degrés de latitude boréale, et à 265 degrés de longitude-est de l'île de Fer; il la continue, comme *Buffon*, à travers la Floride et les îles jusqu'à l'embouchure de la rivière de Plata; il la trouve de 105 degrés ou 2100 lieues, et faisant, à l'ouest, un augle de 68 degrés avec l'équateur; d'après les dernières découvertes, la ligne doit être prolongée 10 degrés plus au nord, et peut alors avoir 2300 lieues. Mais on ne peut bien représenter la longueur du nouveau continent que par une courbe à plusieurs courbures, en allant depuis le cap glacé de Cook, par le Mexique et Quito, au cap Horn; alors on aura une ligne de plus de 3000 lieues; elle partagerait le continent en deux parties très-inégales.

Proximité du pôle.

Si, comme tout doit nous le faire présumer, les pays autour de la baie de Baffins et les terres découvertes au nord de la Sibérie forment une continuation non interrompue du continent de l'Amérique, il serait évident que le nouveau monde se rapproche beaucoup plus près du pôle arctique que l'ancien. La masse des terres glaciales serait ainsi beaucoup plus grande, et celle des terrains échauffés par les feux de la zone torride beaucoup moindre que l'ancien continent. C'est de ce fait que semble dépendre l'explication des climats si différens des deux grands contineus.

Contrastes de configuration.

L'analogie illusoire qu'offrent les isthmes de Suez et de Panama, qui, à la vérité, partagent les deux continens en deux parties inégales, mais dont le premier ne se compose que de sable, tandis que l'autre est formé de rochers de granite ou de porphyre, nous conduit à remarquer une différeuce très-singulière de ces deux grandes îles du globe. L'ancien monde ouvre à peu près également toute son enceinte aux irruptions de l'Océan, et depuis le détroit de Behriug jusqu'à celui de Bab-el-Mandeb d'un coté, et jusqu'à celui de Gibraltar de l'autre, les baies, les golfes, les méditerranées se tiennent en quelque sorte en

équilibre, du moins quant au nombre; la masse de l'Afrique seule se refuse aux invasions bienfaisantes de la mer. Le nouveau continent, au contraire, n'ayant du côté d'ouest qu'un seul golfe considérable, celui de Californie, ou la mer Vermeille, présente du côté opposé une suite de golfes ou des méditerranées; et lorsque cette série est interrompue, d'énormes fleuves en prennent la place. Que les géologues cessent donc de copier Buffon, lorsqu'il prétend nous représenter les continens comme offrant tous les deux plus de déchirures à l'est qu'à l'ouest.

Montagnes, plateaux.

De cet aperçu des inégalités qu'offre le profil horizontal du globe, passons à l'examen de celles qui résultent de ses coupes perpendiculaires.

Les *montagnes* sont les éminences les plus considérables de la terre, et qui en même temps ont une pente rapide, ou du moins sensible. Il faut les distinguer des *plateaux*, qui sont de grandes masses de terres élevées, formant ordinairement le noyau des continens ou des îles, mais qui ont des pentes longues et étendues. Un plateau peut renfermer des montagnes, des plaines et des vallées; il y en a qui sont assez inclinés pour laisser écouler les eaux qui se rassemblent à leur surface : il y en a d'autres qui conservent pendant un long espace le même niveau, et où les rivières ne trouvent point de débouché. On trouve des plateaux de cette dernière espèce en Europe, principalement en Croatie et en Carniole (1), mais ils ont de petites dimensions; pour les voir en grand, il faut même visiter la Tartarie, la Perse et le centre de l'Afrique (2). Ces plateaux ont un niveau général plus élevé que le reste des continens; ils semblent être les plus anciens massifs de la terre, et comme les noyaux autour desquels les terrains nouveaux se sont accumulés.

Formes des montagnes.

Les *montagnes* offrent, dans leurs formes extérieures, des variétés qui frappent l'œil le moins attentif, et qui

---

(1) Voyez la description de ces provinces, vol. V. (2) Voyez les articles *Tartarie*, *Perse*, etc., vol. III, etc.

doivent, à la première vue, faire présumer des différences dans la composition intérieure de ces massifs. Les plus hautes montagnes présentent le plus souvent le roc dans toute son affreuse nudité; mais la nature même des rochers en fait varier la coupe : là, ils s'élancent sous la forme de cristaux énormes, taillés par angles aigus, amoncelés et appuyés l'un contre l'autre; plus loin, des sommets arrondis couronnent des masses vastes et élevées, mais qui s'élèvent dans les airs avec moins de hardiesse. D'autres fois c'est un énorme escarpement qui découvre à l'œil effrayé toutes les entrailles de la montagne. L'imagination frappée désigne ces aspects sous les noms d'*aiguilles*, de *pics* ou *puys*, de *dents*, de *cornes*, de *dômes*, de *ballons* et de *brèches* (1). Après ces sommets arides, escarpés et déchirés, on voit s'étendre des montagnes dont la forme porte un caractère de tranquillité, indice de leur formation lente et successive; ces montagnes, encore considérables, formées par des couches diversement inclinées, offrent généralement des formes variées à l'infini, à cause des affaissemens et des renversemens qui ont remué et tourmenté ces terrains. Ici c'est un amphithéâtre qui s'élève par gradins réguliers, comme le *Kinnekulle* en Westrogothie (2); là, c'est une masse coupée à pic, et présentant la figure d'un autel, comme le *mont de la Table*, près le cap de Bonne-Espérance; il y en a dans la Chine qui offrent l'image d'une tête de dragon, de tigre ou d'ours (3); d'autres fois, c'est un labyrinthe de rochers élevés comme des piliers, ainsi qu'on voit à Adersbach en Bohême, ou même une seule masse élevée en forme de quille, comme le Mont-Aiguille dans le ci-devant Dauphiné (4); ou en voit, auprès d'Envionne dans le Valais (5), qui rappellent l'image des anciennes perruques moutou-

Aiguilles, pics, dents, etc.

(1) *Humboldt*, *Saussure*, *Pallas*, etc. Voyez les articles *Alpes*, *Apennins*, *Pyrénées*, vol. V. *Andes*, vol. IV, etc. (2) Mém. de l'acad. de Stockholm, 1747, planche III. (3) *Osbeck*, Voyage à la Chine, 266 (en suéd.). (4) *Lancelot*, les Merveilles du Dauphiné, dans les Mém. de l'Acad. des Inscript., tom. IX. (5) *Saussure*, Voyage dans les Alpes, § 1061.

nées; mais la forme la plus commune est celle d'une suite d'assises ondulées ou sillonnées. Après ces montagnes du deuxième rang, on trouve des collines plus ou moins hautes, qui de tout côté n'offrent que peu d'élévation et des pentes peu rapides; elles sont sillonnées par les eaux courantes; ces collines descendent souvent par gradins, et se perdent à la fin dans les plaines. Quelquefois leurs *falaises* ou escarpemens subits imitent les aspects pittoresques des hautes montagnes.

Pics volcaniques.

Les pics volcaniques s'éloignent de toutes ces formes communes; leurs masses coniques ou pyramidales se distinguent par leur régularité, même lorsqu'elles ont été tronquées par quelque accident. Leur front menaçant domine au loin les contrées voisines. Une apparence non moins particulière fait remarquer les montagnes basaltiques, lorsqu'elles ne sont point recouvertes par d'autres terrains; leurs escarpemens présentent des rangs serrés d'immenses piliers, ou des chaussées qui semblent être l'ouvrage des géans. Mais la peinture de toutes les formes que prennent ces rochers nous entraînerait loin du sujet propre de ce Livre.

Montagnes percées à jour.

Il y a pourtant une bizarrerie de la nature que nous devons indiquer ici. Ce sont les *montagnes percées à jour*. Il y en a qu'on soupçonne de devoir cette forme, du moins en partie, aux travaux des hommes. La Pierre-Pertuise dans le Jura et le Pausilippo près Naples, sont dans ce cas; mais la nature a laissé à d'autres phénomènes de ce genre l'empreinte de sa puissance. Le *Torghat* en Norwège est percé d'une ouverture de 25 toises de haut sur 500 de long; à certaines époques de l'année, on voit le soleil à travers cette voûte (1). Près la Nouvelle-Zélande, s'élève un arc de rochers, sous lequel les flots de la mer passent dans la haute marée. Ces phénomènes ne diffèrent des cavernes que par des localités qui ont donné à ces cavités une double issue au jour.

(1) *Pontoppidan*, Hist. natur. de la Norwège, I, 75-79 (en dan.).

Un autre point de vue général sous lequel on peut considérer les montagnes, c'est leur rapport de position entre elles. Il y en a qui se trouvent *isolées*; c'est souvent le cas des pics volcaniques; c'est encore celui de plusieurs montagnes calcaires et autres. La Chine et l'Irlande en offrent un grand nombre d'exemples (1). Le rocher de Gibraltar et la forteresse de Gwalior dans l'Indostan, présentent ce spectacle. On peut encore citer le mont *Aornos*, où une peuplade entière soutint un siége contre Alexandre (2). Le plus souvent les montagnes sont groupées : tantôt les chaînes partent d'un noyau commun en directions angulaires; tantôt le noyau est lui-même une haute chaîne courbée ou droite, d'où sortent de tems en tems des branches secondaires. On peut mettre les Alpes dans cette classe. Quelquefois on voit des groupes irréguliers de plusieurs chaînes, parmi lesquelles aucune ne peut être regardée comme la principale. Tel est l'ensemble des montagnes de l'Asie-Mineure et de la Perse. Mais le genre le plus remarquable, c'est celui des longues chaînes qui, à l'instar des Cordillières des Andes dans l'Amérique méridionale, se continuent pendant un espace de centaines ou de milliers de lieues, dans une direction presque constante, ayant, de côté et d'autre, des assises régulières de montagnes inférieures, mais ne détachant que peu de chaînes secondaires. Ces grandes chaînes portent évidemment l'empreinte de la plus haute antiquité, et semblent être les témoins muets de la création : c'est sur leurs cimes, c'est dans leurs flancs qu'il faut lire l'histoire du globe en caractères moins altérés que ceux que nous offrent les Alpes et les Pyrénées.

Montagnes isolées et par chaînes.

En général, toutes les chaînes de montagnes d'un même continent sembleraient avoir entre elles une connexion plus ou moins sensible; elles en forment comme la charpente, et semblent, dans l'origine des choses, avoir déterminé la figure qu'ont prise les terres; mais cette analo-

Connexion des chaînes.

(1) *Bergmann*, Géog.-physique, I, 171. (2) *Quint.-Curt.*

gie, en la généralisant trop, nous induirait en erreur; on connaît plusieurs chaînes qui n'ont point, ou qui n'ont du moins que très-peu de liaison avec d'autres. Telles sont les montagnes de la Scandinavie et de l'Ecosse, montagnes indépendantes comme le génie des nations qui les habitent.

L'emploi même du terme *chaînes* exige beaucoup de précautions. Une chaîne peut être définie par une suite de montagnes dont la base se touche. Mais il ne faut pas pousser trop loin le sens du mot *base;* peut-être conviendrait-il à de sages observateurs de n'entendre par-là que le pied visible de la montagne, ou tout au plus les couches souterraines qu'on peut suivre par des fouilles. Du moins, il faut se garder de considérer des traînées de collines ou de bancs de sable comme des continuations de chaînes.

Il est encore vrai de dire que le nom de *chaînes* n'est pas assez général, et qu'il serait mieux, en réservant ce terme pour les subdivisions, de se servir de celui de *système des montagnes* ou *massif,* pour l'ensemble de plusieurs chaînes.

Pentes des montagnes.

Les montagnes, soit isolées, soit groupées, offrent de côté et d'autre des *pentes* douces et longues, ou rapides et escarpées. On doit remarquer principalement le fait général que la plupart des montagnes considérables ont une de leurs pentes très-escarpée, et l'autre très-douce (1). Les Alpes descendent plus rapidement du côté de l'Italie que de celui de la Suisse. Au contraire, les Dophrines ou Alpes scandinaves ont une descente beaucoup plus roide au nord-ouest et à l'ouest que vers le sud et l'est. Les Pyrénées sont plus roides du côté du sud que de celui du nord; les montagnes de l'Asturie ont leurs pentes dans le sens contraire; mais celles de la Sierra-Moréna, et surtout les Alpujarras dans la Grenade, paraissent avoir leurs pentes roides au midi. Le mont Atlas, le mont Liban, bordent la Méditerranée par des falaises escarpées; on

(1) *Delamétherie*, Théorie de la terre, etc.

sait du moins, à l'égard du Liban, qu'il a une pente douce vers l'Euphrate. Le mont Taurus (en le terminant aux sources de l'Euphrate) offre deux pentes très-différentes ; car, en Caramanie et en Natolie, il a des escarpemens au midi et de très-longs plateaux au nord ; en Arménie, au contraire, la pente au nord est très-rapide. Les Gates, dans la presqu'île en-deçà du Gange, ont des montées roides directement vers l'ouest et de longues pentes douces vers l'est. Ainsi, il n'y a aucune règle constante ; tout dépend des circonstances locales. En général, cette inégalité des pentes n'a lieu que parce que les chaînes de montagnes, même les plus apparentes, ne sont en grande partie que les bords escarpés des longs plateaux obliquement inclinés dont la surface du globe semble être composée. On doit distinguer les montagnes qui s'abaissent par *assises* ou *gradins* ; ce qu'on attribue, tantôt à l'affaissement des bancs d'une nature différente, tantôt à l'action des eaux qui jadis ont pu baigner les pieds de ces montagnes.

Les *vallées* sont formées par les écartemens des chaînes de montagnes ou de collines. Celles qui se trouvent entre les hautes montagnes sont ordinairement longues et étroites, comme si elles n'eussent été au commencement que des fentes entre les chaînes ou des lits de grands torrens. Leurs angles de direction offrent quelquefois une symétrie singulière. « On voit dans les Pyrénées, dit » M. *Ramond* (1), des vallées dont *les angles saillans et* » *rentrans* correspondent si parfaitement, que si la force » qui les a désunis venait à s'opérer en sens contraire, » leurs coteaux s'uniraient ensemble sans qu'on pût en » apercevoir la soudure. » Ce fait a, pour la première fois, été observé dans les Alpes, par Bourguet, qui l'a trop généralisé (2) ; car il y a de hautes vallées d'un-

Angles saillans et rentrans.

(1) Observations sur les Pyrénées.

(2) *Mémoire sur la Théorie de la terre*, à la suite des *Lettres philosophiques sur les Sels et Cristaux*, p. 181. Comp. *Buffon*, *Hist. nat.*, édit. in-12, tom. I, p. 105.

geure tout différent. On en voit qui ont une grande étendue en longueur, saus être coupées par angles; elles ne formeut presque que des plaines élevées; telles sont principalement celles qui se trouvent le loug des chaînes principales, le Valais, par exemple. Il y en a d'autres grandes, arrondies ou renflées : la Bohême ou le Cachemire en sont des exemples; on dirait qu'elles ont été des bassins de quelque lac ancien qui s'est écoulé en brisant les digues que lui opposaient les montagnes environnantes. Cette hypothèse, développée par *Lamanon* et *Sulzer* (1), semble même une des mieux prouvées de celles que les géologues ont proposées. Il y a eucore de hautes vallées qui renferment des fleuves, et des lacs qui n'ont aucun écoulement; on en voit un exemple mémorable au Pérou, dans la grande vallée qui renferme le lac de Titicaca. On en connaît à peu près quelques-unes, et l'on en découvrira un jour bien d'autres dans l'intérieur de l'Afrique. Déjà nous en avons beaucoup d'exemples dans l'Asie centrale.

Vallées en forme de bassins.

Les hautes vallées offrent encore d'autres choses remarquables dans leur forme. Les unes ont des pentes égales de tous les côtés; les autres n'ont qu'une seule pente large, et du côté opposé des falaises escarpées. La plupart des hautes vallées ont le niveau de leur sol égal aux sommets des montagnes secondaires voisines; le niveau du *lac de Joux*, dans une vallée des monts Jura, est considérablement plus élevé que le niveau du lac de Genève (2). Rarement on voit les hautes vallées s'élargir successivement et s'identifier peu à peu avec les plaines. La plupart du tems elles sont presque barrées par un angle saillant de la chaîne de montagnes qui leur sert de ceinture. L'espèce de détroit par lequel on entre dans la vallée s'appelle *passe* ou *défilé*; et comme jadis chaque vallée renfermait une petite peuplade indépendante, on appelait ces passes *les Portes des Nations*. Telles étaient

Pentes et niveau des vallées.

Passes, défilés, Portes des nations.

(1) *Sulzer*, Encyclop. méthod. Géog.-phys., I, au mot, *Delamétherie*, § 1514 *sqq*. (2) *Saussure*, Voyages, § 376 *sqq*.

les Portes du Caucase, les Portes Caspiennes, la passe d'Issus, célèbre par une victoire d'Alexandre; les Thermopyles, immortalisées par le dévouement des Spartiates; les Fourches Caudines, où Rome vit humilier la gloire de ses armes injustes. Il y a, entre la Suède et la Norwège, une de ces portes, formée par plusieurs masses de rochers presque exactement taillés en parallélogrammes oblongs, et qui laissent entre eux des chemins bordés de murailles à pic : cette passe est près de Skiærdal. Une autre, également coupée perpendiculairement, se trouve dans le *Portfield*, ou Montagne de la Porte (1). Ces ouvertures sont exactement semblables à celles par lesquelles le fleuve Hudson, aux États-Unis, traverse, l'une après l'autre, les chaînes de montagnes qui semblaient devoir barrer son cours (2). La Cordillière des Andes offre les portes les plus énormes que l'on connaisse; il y en a de 7 à 800 toises de profondeur (3). Exemples mémorables.

Les basses vallées se présentent sous un caractère très-différent; elles s'élargissent à mesure qu'elles s'éloignent des montagnes secondaires d'où elles partent; peu à peu elles se confondent avec les plaines. Leurs angles saillans et rentrans correspondent régulièrement, mais ils sont très-obtus. Basses vallées.

Les *plaines* sont, comme les vallées, de deux classes : les *plaines hautes*, qui se trouvent entre les grandes chaînes de montagnes, sont souvent très-étendues, et comme posées sur le dos des montagnes secondaires; telles sont les plaines élevées de la Tartarie, de la Perse, et probablement de l'intérieur de l'Afrique. Les plaines de Quito sont à 2000 toises d'élévation au-dessus de la mer; celles de Karakorum, dans la Mongolie chinoise, ne leur cèdent peut-être pas. Les *plaines basses*, couvertes de sable, de gravier, de coquillages, semblent être récem- Plaines hautes et basses.

(1) *Bergmann*, Géog.-phys. I, 185. *Cronstedt*, Description de la Iemtie, dans les Mém. de l'Acad. de Stockholm, 1763, p. 275.

(2) *Kalm*, Voyage d'Amérique, III, 161 (en suédois).

(3) *Humboldt*, Vues des Cordillières, p. 9.

ment sorties du sein des eaux, soit qu'elles aient formé les bassins des mers intérieures, comme les plaines au nord de la mer Caspienne, la grande plaine au sud de la Baltique, celle qui arrose la rivière des Amazones; soit qu'elles aient été couvertes des eaux de l'Océan et de ses golfes, comme le Téhama de l'Arabie, le Delta de l'Egypte, et autres plaines semblables.

Les *côtes* de la mer et des lacs méritent aussi une grande attention : ce sont les bords extrêmes de nos systèmes de montagnes. Il y a des *côtes escarpées ;* c'est lorsqu'un sol de roche s'étend, soit à découvert, soit sous terre, jusqu'aux rivages, comme en Galice, en Bretagne, en Norwège, en Écosse. Ce genre de côtes offre encore

Côtes escarpées et dentelées.

deux subdivisions. 1° Les *côtes escarpées et dentelées :* elles sont ceintes de rochers, soit au-dessus, soit au-dessous de l'eau. Ces rochers forment souvent des labyrinthes d'îles qui entourent les côtes; tels sont *le jardin du roi* et celui *de la reine* près de Cuba, l'*Archipel de Mergui* dans les Indes, les côtes de la Nouvelle-Galles du sud, le *Skiergård* de Norwège et de Suède. Il faut subdiviser cette classe selon que les escarpemens des côtes sont dûs à de vrais rochers granitiques et autres, ou à ces masses de coraux créées par les polypes, et qui remplissent les mers entre les deux tropiques. 2° Quelquefois les côtes s'enfoncent tout d'un coup sous l'eau et laissent la mer libre; ce sont des *côtes par escarpement* proprement dites; telles sont, pour la plupart, celles de la Méditerranée et de la mer Noire; seulement la Dalmatie et quelques parties de l'Archipel se rapprochent de la subdivision précédente. L'Amérique n'offre presque pas d'autres côtes vers la mer Pacifique, à commencer par le cap Horn, et en allant jusqu'au détroit de Behring; c'est la plus longue falaise qu'il y ait sur le

Côtes acores.

globe. Les marins nomment *acore* une côte qui s'enfonce rapidement, et *saine* celle qui n'est point hérissée d'écueils.

Côtes par collines.

Les *côtes basses* sont formées par des terrains plus mous, et qui s'abaissent par pentes douces. On peut distinguer : 1° *les côtes par collines ;* telles sont les côtes de

toutes les îles danoises, de la Scanie et de la Poméranie; on n'y trouve que de petites falaises calcaires. Ces sortes de côtes semblent appartenir aux lacs et aux petites méditerranées; quoique souvent aussi ces sortes de bassins soient entourés d'escarpemens aussi grands que ceux qui bordent l'Océan. 2° Les *côtes par dunes* et atterrissemens; elles se présentent comme des plaines sablonneuses ou marécageuses, qui se perdent par une pente douce sous l'eau; mais elles sont de différentes natures: tantôt ce sont, comme en Gascogne et en Jutland, d'anciennes côtes par collines, autour desquelles les vagues de la mer ont amoncelé des amas de sables fixes ou changeans; tantôt ce sont à la fois des dunes amassées par la mer, et des atterrissemens apportés par les fleuves, comme en Hollande, en Égypte, à l'embouchure du Mississipi. Souvent il se forme par la mer des atterrissemens limoneux, comme les terres noyées des côtes de la Guyane française. Les côtes basses sont quelquefois exposées, sans aucun rempart naturel, à toute la fureur des flots; c'est alors qu'on peut dire avec *Tacite*, qu'il est douteux si c'est une partie de la terre ou de la mer; il y en a qui sont garanties contre les flots par un enchaînement de dunes fixes et mêlées de rochers, comme l'est le Nord-Jutland; on sait que les Hollandais, en imitant par un art patient ces remparts naturels, ont conquis sur l'Océan le sol de leur patrie.

Côtes par dunes.

Les îles d'une étendue considérable offrent en petit les mêmes circonstances que les continens en grand; mais les petites îles méritent un coup d'œil à part. On peut les classer de diverses manières; elles sont *isolées* ou rassemblées en *groupes*, ou rangées par *chaînes*. Parmi les *îles plates*, il y en a qui ne sont que des bancs de sable s'élevant à peine au-dessus des eaux; d'autres fois ce sont des amas de coquilles ou de pétrifications, comme les îles de Lachof au nord de la Sibérie, qui ne sont qu'un amas de glaces, de sable et d'os de mammouth; la plupart des îles de la mer du Sud, créées, ou du moins agrandies par les polypes, ne consistent qu'en coraux ou madrépores.

Iles plates.

Iles volcaniques. Parmi les îles élevées, on en trouve un très-grand nombre qui doivent leur origine, du moins en partie, à l'action des volcans qui ont percé l'ancien sommet de l'île, et, en rejetant toujours des laves par leur cratère, ont formé, par une accumulation lente, ces énormes pics qui servent au loin de guide aux navigateurs. Lorsqu'on voit des îles en groupes très-rapprochés, il est permis de soupçonner que ce ne sont que les sommets d'un plateau sous-marin.

Chaînes et groupes d'îles. De même, lorsqu'elles se suivent de très-près dans une direction constante, elles sont les éminences ou le dos d'une chaîne de montagnes sous-marines. Une telle chaîne, placée devant un promontoire d'un continent, ou sur la même ligne que les montagnes de cette terre, semble ne faire qu'un ensemble avec celle-ci. Ainsi, il est évident que les îles Kuriles lient l'Yeso au Kamtchatka, de même que la chaîne des grandes et petites Antilles rattache les deux Amériques. Mais il faut que les intervalles qui séparent les îles aient assez peu de largeur ou soient assez remplis d'écueils et de bas-fonds pour ne point admettre une solution de continuité entre les bases de ces montagnes maritimes. Aussi la connexion supposée entre les Açores, les Canaries et le mont Atlas en Afrique, quoique possible, a besoin d'être prouvée par des sondes multipliées.

Les montagnes n'ont en général aucune direction exactement régulière ; les chaînes serpentent toujours, et se perdent souvent dans des plateaux.

Il n'est donc plus permis, en s'abandonnant à une vive imagination, de nous tracer des *chaînes terrestres* et *sous-marines*, et une *charpente du globe* qui n'a point d'existence dans la nature (1). Il ne suffit pas de voir sur

Sur les chaînes des montagnes et les partages d'eaux. une carte qu'il y a dans tel endroit un partage des eaux ; il y a beaucoup de partages d'eaux dans le monde qui n'offrent aucune trace de montagnes, mais seulement de longs plateaux qui s'élèvent en pente douce de côté et

(1) *Ph. Buache*, Essai de Géographie-physique, dans les Mém. de l'Acad. des Sciences, 1752, p. 399. Comp. *Lehmann*, Specimen chorographiæ generalis, tractus montium primarios sistens. Petrop. 1762.

d'autre, souvent pendant l'espace d'une centaine de lieues. Il n'y a que des collines au centre de la Russie d'Europe, quoiqu'on y trouve le partage d'eau entre quelques-uns des plus grands fleuves de l'Europe. Que dis-je? il y a même dans la Pologne russe, entre le Niémen et le Duna d'un côté, et le Dniéper avec le Dniester de l'autre, un point de partage qui n'offre aucune élévation sensible, et où, à la place des montagnes figurées par Buache, les voyageurs ne trouvent qu'une plaine marécageuse; mais, vers le milieu du cours du Dniéper, on voit s'élever un terrain montueux et rocailleux, que ce fleuve traverse en suivant une fente profonde dans laquelle il coule (1). Le Niémen, de son côté, fait le tour des collines de la Prusse orientale, bien plus élevées que le partage des eaux, ainsi que le montre la *fig.* 48, donnant le profil de l'Europe entre la mer Baltique et la mer Noire. On remarquera une différence totale entre ce profil et celui qu'offre la même partie du monde coupée dans la direction des golfes de Gênes et d'Hambourg (*fig.* 49); tous les deux contrastent avec ceux du plateau de Mexique (*fig.* 50) et de l'Amérique méridionale (*fig.* 51), l'un copié d'après M. de Humboldt, l'autre dessiné d'après des données tirées de ses Voyages. On peut juger quelle absurdité ferait naître l'usage d'un système général quelconque, pour deviner des faits dont l'observation seule peut nous apprendre à connaître l'étonnante variété.

Sur les chaînes sous-marines.

Le système de Buache nous a procuré ces *chaînes sous-marines*, qui n'existent point en grande partie, mais qui cependant ne cessent pas de figurer dans quelques théories de la terre. Une île isolée, un banc de sable, un brisant ou rocher à fleur d'eau; voilà tout ce qu'il a fallu à *Buache* pour supposer une chaîne sous-marine entre des parties du monde très-éloignées l'une de l'autre. Quelquefois il ne daigne pas même donner un prétexte à ses

(1) Carte hydrograph. de Pologne, de *Roustan* et *Komarzewski*. Carte de *Rizzi-Zannoni*. Notes données par MM. *Subielowitz* et *Niemcewski*, de Wilna.

suppositions ; par exemple, il veut que l'Islande, les îles Féroër et celles de Shetland, forment une montagne sous-marine entre le Groënland et la Norwège. Cependant il y a une mer assez profonde entre la Norwège et le Shetland; la direction des montagnes est parallèle, et non pas convergente : ses chaînes paraissent ne devoir jamais coïncider. Encore, la nature basaltique du sol de l'Ecosse, de l'Irlande, de Féroër et de l'Islande, semblerait indiquer une liaison ancienne des îles Britanniques avec le Groënland plutôt qu'avec la Norwège. De même, les chaînes sous-marines de la mer du Sud ont en général une direction tout-à-fait différente de celle que *Buache* leur avait donnée d'après les découvertes incomplètes de son tems. Elles n'ont pas la moindre liaison, ni avec le Mexique, ni avec l'Amérique méridionale, pas plus qu'avec la terre australe imaginaire. Plusieurs de ces chaînes d'îles, et principalement celles qui sont les plus isolées, ont une direction très-remarquable, mais entièrement opposée au système de Buache ; elles s'étendent du nord-ouest au sud-est, dans la direction de l'axe magnétique du globe.

Direction générale des montagnes de notre globe.

Examinons pourtant si, aux hypothèses erronées de nos prédécesseurs, nous pourrions substituer des vues générales plus conformes à la vérité, en découvrant quelque analogie constante dans la direction des montagnes des deux grands continens.

Si nous tirons une ligne du centre du Thibet à travers la Mongolie chinoise vers Okotsk, et de là vers le cap Tchutchi, ou le promontoire oriental de l'Asie, cette ligne coïncidera en général avec une immense chaîne de montagnes qui court du sud-ouest au nord-est, et qui partout descend très-rapidement vers la mer des Indes et l'Océan Pacifique, tandis qu'au contraire elle s'étend vers la mer Glaciale en plaines et collines secondaires. Il est probable qu'on pourra un jour rapporter à la même règle la chaîne de Lupata, dite l'Epine du monde, en Afrique ; du moins, cette chaîne court du cap de Bonne-Espérance à celle de Guardafui, dans une direction sud-sud-ouest

et nord-nord-est, ainsi à peu près dans la même direction que la grande chaîne de l'Asie; mais nous ignorons la disposition des pentes de ces montagnes. Nous pouvons regarder les monts de l'Arabie-Heureuse très-élevés et escarpés (1), comme le chaînon qui lie les monts Lupata aux plateaux et montagnes de la Perse qui viennent du Thibet.

Si nous suivons les côtes occidentales de l'Amérique, depuis le détroit de Behring, qui ne forme presque point d'interruption sensible, jusqu'au cap Horn, nous ne trouvons qu'une chaîne non interrompue des plus hautes montagnes qu'il y ait sur le globe; de tems en tems, cette chaîne se retire un peu dans l'intérieur, mais le plus souvent elle borde immédiatement le Grand-Océan par d'immenses falaises, et souvent par d'épouvantables précipices. De l'autre côté, l'écoulement des lacs et la direction des grandes rivières montrent assez que toute la surface de l'Amérique s'incline peu à peu vers l'Océan Atlantique.

Il résulte de ces observations combinées, que les plus grandes chaînes de montagnes sur le globe sont rangées en arc de cercle autour du Grand-Océan et de la mer des Indes; qu'elles semblent offrir le plus souvent des descentes rapides vers cet immense bassin qu'elles entourent, et de longues pentes sur les côtés opposés; enfin que, depuis le cap de Bonne-Espérance jusqu'au détroit de Behring, et de là jusqu'au cap Horn, l'œil même de l'observateur le plus timide croit entrevoir quelques chaînons d'un arrangement aussi surprenant par son uniformité, qu'il l'est par l'immense étendue du terrain qu'il embrasse. Grande chaîne du globe.

Arrêtons un instant nos regards sur ce grand fait de géographie-physique. Si nous nous plaçons dans la Nouvelle-Galles du sud, le visage tourné au nord, nous voyons à notre droite l'Amérique, à la gauche l'Afrique et l'Asie. Ces continens, que naguère notre imagination n'osa rapprocher, considérés de ce point de vue, ne forment

(1) *Seetzen*, dans *Zach*, Corresp. astron., XI. Voyez ci-après *Arabie*.

plus qu'un tout, dont la structure, en tant qu'elle est connue, offre dans ses grands traits une symétrie étonnante. Une chaîne d'énormes montagnes entoure un énorme bassin; ce bassin, partagé en deux par un vaste amas d'îles, baigne souvent de ses flots le pied de cette grande chaîne primitive de la terre. Or, cette immense bande de granite et de porphyre, quand s'élança-t-elle du sein des flots? ou quand s'écroulèrent-elles dans les profondeurs de l'Océan, ces hautes montagnes secondaires dont la chute simultanée a pu former cette falaise continuelle qui règne autour du globe? Admettrons-nous que la terre était jadis, comme Saturne, entourée d'un *anneau*, et que cette voûte céleste, dérangée dans son équilibre (1), s'est précipitée sur la surface du globe? Mais où s'égare notre imagination trop enhardie par le séduisant éclat d'une analogie encore susceptible d'être contestée? Rappelons-nous que, dans l'ancien continent, les vastes régions de l'Inde et de la Chine, au contraire de l'analogie indiquée, se trouvent au sud de cette grande ceinture de montagnes; la presqu'île au-delà du Gange joint même ce groupe étonnant des pays brisés et entrecoupés qui remplissent le milieu du grand bassin; c'est comme un chaînon qui lie au continent d'aujourd'hui ces superbes débris d'un continent d'autrefois, d'un hémisphère qui semble s'être écroulé tout entier.

Pente générale des continens.

Si nous considérons sous le même point de vue la presque totalité des deux continens, qui se trouve, par rapport au Grand-Océan, *au-delà* de cette chaîne principale du globe, nous y voyons la *plus grande partie* des plateaux et des chaînes de montagnes s'incliner peu à peu vers l'Océan Atlantique et Septentrional; cette étendue des mers, toute vaste qu'elle est, ne paraît alors qu'un canal, si on la compare au grand Océau Pacifique. Les falaises qui bordent l'Océan Atlantique ne sont nullement comparables aux escarpemens du cap de Bonne-Espérance et

(1) Comp. *Laplace*, Système du Monde, l. IV, ch. 9, p. 255 de la 3e édition.

du cap Guardafui, aux précipices qui entourent les mers de Kamtchatka, de Pérou et de Chili.

Élévation des montagnes.

On s'attend peut-être à trouver également une certaine analogie générale entre les montagnes, sous le rapport de leur élévation; mais avouons d'abord que nous sommes encore bien moins instruits de la hauteur que de la direction des principales chaînes de montagnes. Les mesures, soit trigonométriques, soit conclues par le niveau du mercure dans le baromètre, n'ont guère été prises qu'en Europe et en Amérique. Or, dans ces considérations générales sur le globe, l'Europe ne saurait être regardée comme un point important, ni surtout comme un point de comparaison bien sûr : si nos Alpes, dont les sommets, tels que le *Mont-Blanc*, le *Mont-Rosa*, l'*Ortelos*, ne s'élèvent qu'à 14 ou 15,000 pieds, tandis que les sommets des Cordillières, le *Chimborasso*, l'*Antisana*, le Pichincha, s'élancent à 19,000 et 20,000 ; est-ce une raison pour conclure que le Nouveau-Monde en général a de plus hautes montagnes que notre continent, ou que les montagnes croissent en élévation vers l'équateur? L'une de ces conclusions est hasardée jusqu'à ce que l'intrépide Humboldt ait mesuré les Alpes du Thibet, peut-être plus élevées que le Chimborasso; l'autre est fausse, puisque les Andes de Chili passent pour être aussi hautes que celles de Pérou (1), que les volcans de Mexique ne le cèdent que très-peu à celles de Quito, et que les énormes pics de Spitzberg et de Groënland paraissent, en égalant les Alpes, surpasser de beaucoup les montagnes de Norwége et de Russie, auxquelles elles devraient être inférieures selon l'hypothèse. Nous croyons en conséquence devoir réserver pour les descriptions des parties du monde, le peu de comparaisons générales auxquelles peuvent donner lieu les montagnes dont l'élévation est déterminée.

(1) *Molina*, Histoire nat. de Chili.

LIVRE TRENTIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. De la Structure intérieure des parties solides de la Terre. Des Bancs, Couches, Cavernes et Filons.

Nous descendons de la surface de la terre, qui ne nous est pas parfaitement connue, dans son intérieur, qui nous l'est encore moins. Nous allons considérer la croûte solide du globe, en tant qu'elle a été examinée sous les rapports de sa structure intérieure et des substances qui la composent.

Couches, bancs, assises. Toutes les fouilles qu'on a faites en divers pays ont montré la plus grande partie de la terre composée d'une suite irrégulière de *couches* de nature différente. Quand ces couches, en conservant la même nature, offrent une grande épaisseur, nous les nommerons *bancs*. Affectent-elles une position horizontale régulière? nous appellerons leurs subdivisions *assises*. Mais quoiqu'on trouve, jusque dans les plus hautes montagnes, des *bancs*, sinon des *assises*, la position presque verticale des masses principales de plusieurs hautes montagnes nous oblige de

Blocs. les désigner sous le nom de *blocs*, sans que cependant cette dénomination doive être censée renfermer une décision sur la nature de ces masses, que les uns regardent avec beaucoup de vraisemblance comme de grands cristaux (1), tandis que les autres prétendent n'y voir que des couches redressées (2). Quelquefois les blocs sont divisés par des fissures verticales, et alors leurs portions

Feuillets. peuvent être appelées *feuillets* ou *lames*. On conçoit que

(1) *Delamétherie*, Théorie de la terre, § 1339 *sqq. Patrin*, Histoire naturelle des minéraux, I, 103. (2) *Saussure*, Voyage dans les Alpes, § 604-669 (Comp. ses aveux, §§ 1691 et 2300). *Deluc*, Lettres géolog., à Blumenbach, p. 123 (en français).

malheureusement ces termes ne présentent pas un sens absolument précis; mais on conçoit aussi, en contemplant les objets dans la nature, qu'il est impossible de les soumettre à une classification plus rigoureuse (1).

Les masses que nous venons d'indiquer se trouvent jetées les unes sur les autres sous toutes les inclinaisons imaginables. Souvent, et principalement dans les terres basses ou de moyenne élévation, les couches conservent, pendant des centaines de lieues, leur parallélisme ; ainsi, la couche de pierre calcaire, remplie de coquillages, sur laquelle est bâtie la ville de Paris, s'étend à travers la ci-devant Ile-de-France, et jusqu'en Belgique (2). Les couches gypseuses de Montmartre et des hauteurs de Belleville se trouvent à la même hauteur, quoique séparées par une vallée. En Champagne, un vaste banc de craie se prolonge au même niveau depuis Rhétel jusque vers Sens (3). Les roches même les plus fortement cristallisées paraissent quelquefois suivre une direction horizontale. Une crête de granite paraît se continuer depuis le Limosin par le Poitou, jusqu'à Cherbourg en Normandie (4). Une autre bande granitique suit la vallée de la Haute-Loire, depuis Creuzot et Mont-Cénis jusqu'à Saint-Etienne, pendant l'espace de 70 lieues (5). Les rochers de *trapp*, en Westrogothie, se retrouvent au même niveau dans des montagnes séparées par de grandes plaines. Dans l'île de Rugen, en Poméranie, dans l'île danoise de Mœn, et à Stevens en Sélande, les couches de craie et de pierres à fusil correspondent entre elles, quoiqu'une mer ouverte roule entre leurs bases. Mais à côté de cet aspect d'une formation tranquille, quel désordre, quelle confusion, quelles traces de bouleversement ne viennent point épouvanter et charmer à la fois l'observateur de la

Inclinaison des couches parallèles.

(1) *Bergmann*, Géog.-phys. I, 197. (2) *Cuvier* et *Brongniart*, Ann. du Muséum. VI. (3) *Linck*, Voy. en Portugal, I, 48. *Dupin*, Statist. des Deux-Sèvres, 105. Journal des Mines, n° VIII, 27-29. (4) *Delamétherie*, Théorie de la terre, IV, § 954, § 1154.

(5) *Bruslé*, Statist. de l'Aube, p. 6.

Couches renversées et redressées. nature! Déjà, dans les plaines et les moyennes montagnes, nous rencontrons des couches renversées, redressées, plissées en zig-zag, courbées en arc et recourbées sur elles-mêmes : la montagne de Saint-Gilles, près de Liége, offre tous ces accidens (1). Dans le Jura, l'on voit des couches considérables qui, s'étant renversées ou ayant glissé sur d'autres, se sont arrêtées dans des positions si précaires, qu'il suffirait de quelques coups de pioche pour les mettre de nouveau en mouvement (2). Dans les Alpes, c'est un spectacle bien plus frappant : tout est désordre et bouleversement. Nous voyons des montagnes pyramidales comme l'aiguille du midi, dont les feuillets sont rangés autour de l'axe de la pyramide comme ceux d'un artichaut, s'il est permis de comparer ces rochers énormes à un mince végétal (3). Le *Nant d'Arpenaz* nous présente une espèce d'hémisphère composé de couches régulièrement arquées (4). La plus grande variété confond à chaque pas les régles qui paraissaient le plus généralement suivies. Si le Mont-Blanc se compose d'énormes blocs posés verticalement, le Mont-Rosa, quoique aussi gigantesque, ne présente que des assises horizontales un peu inclinées.

Couches concentriques et arquées.

Cavités et fentes du globe. Ces couches, ces masses sont presque toutes traversées par des *fentes* et des *cavités* plus ou moins considérables. Quelques-unes sont des interstices laissés entre les roches anciennes au moment de leur cristallisation ; le plus grand nombre paraît devoir sa naissance, soit à la retraite, soit à l'affaissement des terrains : la première de ces causes les a surtout multipliées dans les montagnes calcaires de seconde formation ; elles sont moins fréquentes dans le gypse. De ces fissures du globe, les unes ont été remplies par des matières métalliques, les autres par des infiltrations de sucs pierreux, par des incrustations, par des minerais de transport, par de la terre vé-

(1) *Delamétherie*, l. c., §§ 1383-1382, planche VI, etc. (2) *Bertrand*, nouv. princ. de Géologie, p. 182. (3) *Saussure*, Voyage, § 569.
(4) *Id.*, *ibid.* § 473.

gétale et animale; enfin, quelques-unes sont restées ouvertes, et forment des ravins, des précipices, des abîmes, lorsqu'elles sont ouvertes à jour; des cavernes ou des grottes, lorsqu'elles ont des murs et un toit naturel.

Cavernes et grottes.

C'est dans la partie descriptive de cet ouvrage qu'on trouvera l'indication, et quelquefois la peinture des *cavernes* et *grottes* les plus remarquables de notre globe; nous devons ici nous borner à des vues générales. Il y a des cavernes très-considérables; souvent l'antre extérieur n'est que le vestibule d'un autre plus profond, plus vaste: cependant on a exagéré l'étendue de la plupart des cavernes. La profondeur de celle d'Eldon, dans le Derbyshire en Angleterre, n'a pu être mesurée avec une sonde de 1600 toises de longueur (1). Près Frédrikshal en Norwége, il y a un trou dans lequel on a jeté des pierres dont la chute a paru durer deux minutes; on en a conclu que la profondeur était de 11,000 pieds (2). Parmi les nombreuses cavernes de la Carniole, celle d'Adelsberg passe pour offrir une promenade souterraine de deux lieues; mais cette estimation d'un auteur un peu enthousiaste mérite d'être vérifiée (3). Plusieurs cavernes se distinguent par diverses curiosités naturelles. Il y en a d'où il sort, en été, des vents chargés d'un froid glacial et d'une violence étonnante: le mont *Eolo*, près Turin, en Italie, en offre un exemple (4). Il s'en trouve dont les parois, au mois d'août, se tapissent de glaces, qui fondent au mois de décembre. On en connaît deux ou trois en France, entre autres la *grotte de Notre-Dame de Balme*, près Grenoble (5). Le peu de communication qu'ont ces cavités avec l'air extérieur, fait qu'elles changent de température longtems après que la surface de la terre en a changé. Les

Profondeur et étendue.

Température.

(1) *Lloyd*, Philosoph. transact. 1771, vol. LXI, part. I, n° 31.
(2) *Pontoppidan*, Hist. nat. de la Norwége, I, 101.
(3) *Valvasor*, Gloire de la Carniole, 1699. (4) *Kircher*, mund. subterran., lib. IV, 239. (Comp. la grotte de Motiers, dans *Bernoulli*, description de Neuchâtel, p. 32.)
(5) Mém. de l'Acad. des Sciences, 1755, p. 149 *sqq*.

cavernes les plus intéressantes pour les simples curieux sont sans doute celles dont les toits laissent dégoutter des eaux imprégnées de matières calcaires, qui, bientôt durcies, restent suspendues aux voûtes de la caverne sous la forme de glaçons, ou, tombées à terre, représentent des végétaux, des animaux, enfin tout ce que l'imagination du spectateur en veut faire. C'est à cet amas de *stalactites* que la grotte d'Antiparos doit sa célébrité. Le naturaliste préfère celles qui contiennent des ossemens pétrifiés ou calcinés; ce sont des parties visibles des vastes cimetières où les révolutions du globe ont enseveli des générations entières d'êtres vivans; on connaît cependant quelques cavernes où certaines espèces d'animaux marins se retirent lorsqu'ils se sentent sur le point de mourir.

Stalactites. Ossemens.

Il y a des cavernes qui renferment des puits profonds, des amas d'eau, quelquefois assez étendus pour qu'on leur donne le nom de lacs souterrains; d'autres donnent naissance à des ruisseaux ou à des rivières; il y en a qui engloutissent des eaux courantes même assez considérables. Telles sont les innombrables cavités des Alpes Juliennes dans la Carniole et dans la Croatie; c'est à de semblables réservoirs qu'on doit attribuer les disparitions périodiques du lac de Cirkuitz (1). En Norwége, il y a des cavernes où, en marchant sur une voûte calcaire, on entend gronder sous ses pieds des torrens invisibles. Les eaux, et même les glaces, ont évidemment contribué à la formation de plusieurs cavernes de Russie et de Sibérie (2).

Eaux des cavernes.

Les cavernes volcaniques forment une classe très-distincte des autres. Celle de *Surtur*, en Irlande, longue de 839 toises, offre des parois couvertes d'un vernis noir et verdâtre qui n'est que du verre volcanique; des glaçons de lave sont suspendus à la voûte crevassée, qui

Cavernes volcaniques.

(1) *Hacquet*, Voyages dans les Alpes Juliennes.

(2) *Pallas*, Voyages, I, 41, 56, 166 (en all.). *Lepechin*, *Gmélin*, etc.

laisse pénétrer quelques rayons du soleil (1). La plus magnifique de toutes les cavernes connues est sans contredit *la grotte de Fingal*, dans la petite île de Staffa, près l'Ecosse. Des milliers de colonnes de basalte soutiennent une voûte majestueuse sous laquelle la mer roule ses flots, tandis que la clarté du jour y pénètre par un vaste portail (2). L'origine des cavernes à colonnes basaltiques est aussi incertaine que celle du basalte lui-même, objet de tant de discussions parmi les géologues. Cavernes basaltiques.

Les causes qui ont produit les cavités connues du globe ont sans doute pu avoir une sphère d'activité beaucoup plus étendue que ne l'est celle de nos observations. Plusieurs phénomènes, surtout les tremblemens de terre, semblent indiquer l'existence de cavités plus considérables que celles qui nous sont connues. Mais le plus sage parti, c'est d'avouer que nous n'en savons rien. Nous ne vivons plus dans ce siècle où *Athanase Kirker* osa dessiner le monde souterrain, comme s'il l'avait parcouru dans toutes ses directions. L'inconnu, banni du domaine des sciences, est aujourd'hui regardé comme le patrimoine exclusif des romanciers.

Les petites fentes qui traversent les masses des rochers, et que l'on comprend sous le nom général de *filons*, en offrant à l'imagination un spectacle moins frappant que les cavernes, présentent à la raison et à la science une énigme encore plus compliquée. Le caractère essentiel d'un filon, c'est de couper la masse d'un rocher dans une inclinaison différente de celle des feuillets ou des assises dont la montagne est formée, et d'être rempli d'une substance minérale différente de celle dont se compose la roche elle-même (3). On trouve des filons épais de plusieurs toises ; il en est qui n'ont d'épaisseur que quelques lignes ; les uns se continuent pendant l'espace de plusieurs lieues, Filons.

(1) *Olafsen*, Voyage en Islande, I, 127 (en all.). (2) *Faujas de Saint-Fond*, Essai de Géologie, II, planche. (3) *Werner*, Théorie des Filons, trad. par *Daubuisson*, § 2. *Oppel*, Géométrie souterraine, etc. *Ibid.*, § 15, § 19.

les autres se dispersent promptement en petites veines : il y a des cas où les filons, après avoir traversé plusieurs bancs de rochers, s'arrêtent tout à coup devant une bande d'une nature particulière, et reparaisseut de l'autre côté de cette bande dans leur direction et leur épaisseur premières (1). Eu géuéral, la direction des filons est rectiligue, mais sans affecter aucune aire du monde de préférence. Daus les moyennes moutagues, ils suivent en général la directiou des vallous. La matière dont un filon est rempli coutieut fréquemment du minerai, et s'appelle alors la *gangue*. Il n'y a presque aucune substauce minérale dont on ne trouve des fragmeus dans quelque filou ; il y eu a qui contiennent des pétrifications, ce qui semble prouver que ce sont des fentes originairement vides, et qui ont été remplies par en haut au moyen d'uu fluide chargé de matières qui s'y trouveut déposées. Cette opiuion du célèbre Werner, la plus géuéralement admise, est pourtant rejetée par ceux qui regardent les minéraux comme les produits d'exhalaisons souterraines (2) ou d'une fermentation dans la masse de roche, capable d'en transmuter la substance (3) ; ou eufin de la cristallisation générale du globe (4). Il y a eu des savans qui ont regardé les veines métalliques comme des branches d'uu grand tronc métallique caché dans l'intérieur du globe, et auquel ils attribuaient une sorte de végétation ou de mouvement organique (5). Les filons sont, dans toutes les théories, un des faits les plus difficiles à concevoir. Revenons aux montagnes en général.

Direction des filons.

Gangue.

Formation.

L'épaisseur des couches varie autant que leur inclinaison et le nombre de leurs fissures. Le banc de *trapp* en Westrogothie a souvent 100 pieds d'épaisseur ; il y a dans les Alpes des masses d'une épaisseur bien plus grande, mais on n'est pas d'accord si l'on doit les consi-

Épaisseur des couches.

(1) *Ferber*, Oryctographie de Derbyshire, 19-20. *Werner*, § 73.
(2) *Henckel*, Pyritologie, ch. 13. (3) *Trebra*, Observations sur l'intérieur des montagnes (en all.). (4) *Delamétherie*, Théorie de la terre, § 1353. (5) *Lehmann*, Traité des Matrices des métaux, Berlin, 1753.

dérer comme des couches. Beaucoup de montagnes moyennes offrent des couches de sel gemme, d'alun, de charbon de terre de 30 à 40 pieds ; mais il y a aussi des couches de charbon, près Liége, qui n'ont qu'un pouce d'épaisseur. Les marbres blancs et noirs se trouvent par bancs plus épais que les marbres bigarrés ; et, en général, les substances les moins mélangées offrent les plus grandes masses (1). Tandis qu'en Europe des couches continues de plus de 500 toises d'épaisseur sont déjà extrêmement rares, on voit fréquemment, au Mexique et au Pérou, des couches de porphyre qui ont de 1600 à 2000 toises d'épaisseur (2). Cette structure massive semblerait être un caractère particulier des régions qui forment ce que nous avons appelé la *grande chaîne du globe* (3).

Il ne nous reste qu'à considérer les couches de notre globe sous le rapport de leur *ordre de superposition ;* mais quoique cet objet appartienne à la structure des montagnes que nous considérons ici, il est difficile, pour ne pas dire impossible, d'en donner une idée claire, sans anticiper sur les Livres où nous traiterons de la nature et de l'origine des substances dont les couches se composent. Ordre de superposition.

Nous appellerons *couches primaires* les masses qui se sont trouvées aux plus grandes profondeurs auxquelles l'homme ait poussé ses fouilles. Ces terrains, en général, ne contiennent point de traces d'animaux ni de végétaux ; sous ce rapport ils peuvent être nommés *primitifs* ou *primordiaux.* L'ordre deuxième, ou celui des *couches secondaires*, comprend toutes les masses qui, formant des montagnes, sont déposées par couches régulières contenant des restes d'animaux ou de végétaux, et recouvrant les terrains primaires. Les *couches tertiaires* sont celles qui, plus confusément accumulées que les couches secondaires, en contiennent les débris, mêlés souvent à ceux Terrains primaires, secondaires et tertiaires.

(1) *Bergmann*, Géographie-Physique, § 45. (2) *A. de Humboldt*, Tableau des régions équatoréales, 128. (3) Voyez ci-dessus, Liv. XXIX, p. 183.

des terrains primaires : elles recouvrent les terrains secondaires (1).

Considérons d'une manière plus particulière les terrains primaires.

Montagnes du premier ordre.

Les montagnes les plus âpres, les plus élevées et les plus étendues de notre globe renferment des massifs de granite qui ne pourraient que très-improprement être qualifiés de couches, et qui le plus souvent se terminent en vastes coupoles. Après ces énormes cristaux, on voit les bancs très-puissans, et souvent verticaux, de granite feuilleté et de schistes purs, c'est-à-dire sans aucun mélange de débris des règnes végétal ou animal. Ce sont les bords des bancs brisés du granite feuilleté qui forment les pics les plus aigus : les schistes sont le plus souvent coupés par de nombreux filons métalliques. Les puissantes couches du *calcaire pur* se trouvent ordinairement dans une situation plus horizontale ; elles donnent naissance à de longues croupes de montagnes dépourvues de métaux. Les bancs de porphyre, de syénite et d'autres roches sans mélange, s'appuient tantôt sur l'une et tantôt sur l'autre des couches précédentes. En Amérique, le porphyre, en masses énormes, recouvre le granite et forme les sommets des Cordillières.

Ordre réciproque des terrains primaires.

L'ordre que toutes les roches *primaires* observent entre elles ne nous paraît pas encore déterminé par les observations. Le granite est presque unanimement considéré comme formant autour du globe une voûte qui supporte toutes ces masses, qui semblent entassées par la double action d'une cristallisation générale et d'un bouleversement violent. On n'a pas encore trouvé des granites qui reposassent sur le porphyre, sur le schiste, sur une autre roche quelconque ; mais le rang des autres roches entre elles paraît varier. Le seul principe démontré est que les

(1) *Werner*, Classification des roches ; Dresde, 1787 (en all.) *Voigt*, Minéralogie pratique, 1792 (en all.). Les ouvrages de *Saussure*, *Dolomieu*, *Humboldt*, *Deluc*, etc., etc.

roches primordiales ne sont jamais *superposées* en grandes masses aux autres terrains dont il va être question, tandis que ceux-ci se trouvent accumulés au-dessus de ces roches.

On trouve ordinairement au pied de ces montagnes du premier ordre, mais quelquefois aussi à une grande élévation sur leurs flancs, le *calcaire de transition*, roche en partie semblable au calcaire pur, et en partie mêlée de débris d'animaux : cette roche marque la transition des masses sans couches régulières et continues aux roches que les géologues nomment *stratifiées*, et dont la structure consiste en une suite de couches ou d'assises. Il y a encore d'autres roches qui marquent ce passage; ce sont ces recompositions de fragmens de roches pures, réunies de nouveau par un ciment, et dont on a plaisamment désigné plusieurs espèces sous la dénomination de *poudding*s et de roches *amygdaloïdes*, c'est-à-dire, semblables à une pâte dans laquelle seraient noyées des amandes. Terrains de transition.

Les terrains secondaires, formant ordinairement des couches régulières, s'annoncent même par l'aspect qu'elles donnent à l'extérieur des montagnes qui en sont composées : plus de sommets couverts de glaces éternelles, plus de pics sourcilleux déchirés en pointes aiguës ; la végétation commence à étaler ses richesses sur les flancs doucement inclinés des roches calcaires et argileuses, couvertes le plus souvent d'une couche de marne, et remplies de débris d'animaux et de végétaux, la plupart étrangers à l'état actuel de la nature. Le schiste argileux porte dans son sein les empreintes de toute une végétation antérieure à la constitution actuelle du globe. Dans le schiste marneux-bitumineux, on rencontre des poissons pétrifiés et beaucoup d'empreintes d'animaux aquatiques : les roches calcaires renferment des ossemens de quadrupèdes. Ces trois couches, et d'autres qui sont analogues, se succèdent souvent de manière que les restes des végétaux soient les plus enfoncés, et ceux des quadrupèdes les plus près de la surface. Montagnes du second ordre.

Il y a des roches qui ne suivent aucune succession régu-

lière; tels sont les grès, qui ne renferment que peu de restes d'êtres organiques, mais dont les bancs, très-diversement placés, semblent tantôt les rapprocher des roches primordiales, tantôt les faire descendre parmi les couches les plus récemment formées. Le gypse ou le plâtre est encore une substance qui se rencontre tantôt dans un ordre de succession et tantôt dans un autre; on en a trouvé de vastes bancs parmi les roches primitives (1). Ce qui caractérise surtout les montagnes par couches, ce sont les bancs de sel gemme, les sources salées, les eaux minérales, les couches de schiste cuivreux, les dépôts d'alumine et de calamine, les terres bitumineuses, avec le pétrole et le naphta; enfin, les houilles, soit à l'état de charbon de terre, soit dans celui de houille limoneuse : toutes ces substances y sont accumulées par couches dont la succession varie à l'infini, mais qui toutes appartiennent exclusivement aux montagnes *stratifiées*. Au contraire, ces montagnes ne renferment point de filons métallifiés.

De même que les couches régulièrement *stratifiées* s'appuient aux roches cristallisées primordiales et les recouvrent, on voit la base des montagnes par couches recouverte d'une troisième classe de terrain, qui, à la vérité, est aussi déposé par couches, mais sans cette composition uniforme et cette cohésion régulière qui font de chaque assise d'une roche stratifiée un ensemble à part. D'ailleurs ces couches, qu'on appelle *tertiaires*, se trouvent au milieu d'un amas confus de petites portions de matières qui semblent avoir été accumulées par un fluide qui les aura transportées, ou du moins roulées et mêlées ensemble. Ces couches remplissent le fond des vallées, et reposent presque toujours sur des roches stratifiées. Le *tuf*, roche formée par la recomposition de particules d'une roche primordiale ou stratifiée, les *conglomérats* ou brèches tertiaires, qui sont des compositions plus hétérogènes des fragmens de roches, réunies par un ciment de tuf, l'argile

Terrains tertiaires.

(1) *Dolomieu*, Journal de physique, 1794, p. 183.

glaise, les sables, les graviers ; telles sont les principales couches de ce genre.

Parmi ces couches se trouvent les restes non pétrifiés de grands quadrupèdes aujourd'hui inconnus, et d'autres animaux analogues : c'est aussi là que s'étendent ces vastes dépôts de tourbe, qui sont les débris d'une végétation récente mêlés avec de la terre bitumineuse. Les minéraux et métaux ne s'y rencontrent plus ni en filons ni en couches, mais seulement en petites particules dissoutes et disséminées.

Terrains d'alluvion.

Dans ces terrains d'*alluvion* ou de *transport*, comme on les appelle d'une manière certainement trop vague, il paraîtrait tout simple que les couches d'une nature légère occupassent la surface, tandis que les matières plus pesantes seraient accumulées dans l'intérieur ; mais les premières se retrouvent souvent de nouveau à des hauteurs considérables, de sorte qu'il y a dans les alluvions, comme dans les stratifications, plusieurs ordres de successions. Ainsi, depuis le sommet du Mont-Blanc jusqu'aux marais de la Hollande et aux landes de Lunebourg, la structure intérieure de la terre conserve constamment ce caractère compliqué, énigmatique, et qui, en échappant à nos raisonnemens, semble défier même notre imagination.

Outre les couches distinctes, la terre nous présente un grand nombre d'amas confus.

Amas de galets.

Tous les bords des rivières et des lacs, tous les rivages de la mer sont couverts de *galets* ou pierres arrondies par les flots qui les ont roulées, et qui souvent paraissent les avoir apportées de loin. Il y a de semblables amas de galets à de très-grandes hauteurs, auxquelles la mer actuelle semble n'avoir jamais pu atteindre. On en trouve dans les Alpes, à Valorsine, à plus de 1000 toises d'élévation, et à la montagne du Bon-Homme, à plus de 1200 toises (1). Il y a des terrains sans élévation, comme la fameuse plaine de Crau, en Provence, qui sont entiè-

(1) *Saussure*, Voyage, § 690.

rement pavés de galets; tandis qu'en Norwège, près Quedlie, des montagnes d'une hauteur considérable paraissent en être composées en totalité, de manière que les plus forts galets occupent le sommet, et que leur épaisseur diminue à mesure qu'on approche de la base (1). On peut mettre au nombre des amas confus la plupart des *atterrissemens* ou dépôts de matières charriées par les eaux, et qui agrandissent les rivages, peut-être toutes ces immenses couches de sables qui couvrent le centre de l'Asie et de l'Afrique; et, en général, il est vrai de dire que beaucoup de couches tertiaires se rapprochent de la nature de ces accumulations confuses. C'est cette circonstance qui rend si incertaine la distinction qu'on doit pourtant établir entre les terrains d'alluvion, créés avant le commencement de l'histoire, et ceux que nous voyons encore se former sous nos yeux.

Laves ou éjections volcaniques.

Il y a des faits pourtant dont le caractère distinct laisse moins de prise à des hypothèses. Tels sont les produits reconnus des volcans, les *laves*, dont les couches s'étendent par-dessus toutes les autres couches autour de la bouche qui les a vomies, comme autant de fleuves autour d'une source commune. Les noirâtres torrens de ces matières fondues par les volcans actuels présentent tantôt des masses informes, soit compactes, soit poreuses; tantôt ils offrent une apparence de cristallisation ou une séparation en tables ou en blocs semblables à des boules; souvent ils ne sont qu'un amas de scories ou de cendres; dans ce dernier, les cendres, réunies par un ciment, forment des tufs volcaniques (2). Les couches qu'on remarque dans les laves, et qui sont ordinairement séparées par des assises de terre végétale, indiquent le nombre des éruptions volcaniques qui successivement ont donné naissance à l'écoulement de ces masses. Aucune de ces apparences n'est commune à ces fameuses substances

(1) *Bergmann*, Géog. phys., I, 207.
(2) *Faujas Saint-Fond*, Essais de géologie, II, 413 *sqq*.

connues sous le nom de *basalte*, et que plusieurs naturalistes appellent *laves prismatiques*. Ces substances, toujours divisées en prismes, se montrent sous l'aspect d'une immense réunion de colonnes, tantôt élevées perpendiculairement, comme dans la grotte de Fingal et la chaussée des Géans, tantôt inclinées à l'horizon sous divers angles, comme dans le Vivarais; enfin couchées horizontalement, rangées comme un tas de bois, enfermées dans des filons, comme aux îles Féroër (1); ou libres et dégagées comme dans le cirque basaltique de l'île de Mull (2). Mais jamais les basaltes ne recouvrent en grandes masses un terrain tertiaire. Basaltes.

Les fragmens de granite et d'autres roches pures, jetés çà et là sur des terrains stratifiés, et même sur des terrains d'alluvion, nous présentent encore un fait aussi indubitable qu'il est étonnant. Toutes les chaînes du mont Jura, toutes les montagnes qui précèdent les Alpes, les collines même et les plaines de l'Allemagne et de l'Italie, sont parsemées de blocs de granite, souvent d'une grande dimension, et toujours d'une composition aussi pure, d'une aussi belle cristallisation que le granite des Hautes-Alpes (3). Le même phénomène se répète dans les plaines de la Russie, de la Pologne, de la Prusse, du Danemarck et de la Suède. Depuis le Holstein jusque dans la Prusse orientale, des terrains d'alluvion, de sable et d'argile, sont couverts d'un nombre immense de blocs de granite. Près de l'île d'Usedom, plusieurs pointes de granite sortent du fond de la mer Baltique (4). Nous voyons de même la Scanie et le Jutland tellement remplis de ces fragmens, que l'on en construit des clôtures, des maisons et des églises : les blocs sont arrondis par l'action des pluies. Dans le Lymfiord, golfe du Jutland, et à quelques points Blocs de rochers épars.

(1) Mémoires de la société d'histoire naturelle de Copenhague. Voyez notre description des *îles Féroër*, vol. V de ce *Précis*. (2) *Faujas*, Géologie, II. (3) *Delamétherie*, Théorie de la terre, § 1188 *sqq*. *Ferber*, *Dolomieu*, etc.

(4) *Wrede*, dans *Zach*, Correspond., V, 456.

de la côte occidentale de cette presqu'île, de grandes pointes granitiques sortent du fond des eaux. Mais ce qui est surtout remarquable, c'est de voir d'énormes masses de granite placées sur le sommet des montagnes calcaires de Rettwick, de Rœdaberg et d'Osmund, qui ont près de 6000 pieds au-dessus du niveau de la mer, et qui par conséquent sont au nombre des plus hautes montagnes du nord de l'Europe (1).

Si le phénomène dont nous parlons n'a pas été observé dans toutes les régions du globe, il faut peut-être en chercher la cause dans le petit nombre d'observations que les voyageurs ont pu faire.

Conclusion. La structure du globe, dont nous venons d'esquisser les grands traits, ne présente de toutes parts qu'une vaste ruine; les bouleversemens de la plupart des couches, la succession irrégulière de celles qui semblent être restées en place, l'étonnante variété qu'offrent la direction des filons et la forme des cavernes, l'immensité des amas confus de matière, et le transport d'énormes blocs loin des montagnes dont ils paraissent avoir fait partie; tout, en un mot, nous fait déjà pressentir que l'histoire de notre globe remonte à des tems bien antérieurs à l'existence des générations humaines actuelles, et que les recherches nécessaires pour connaître seulement l'état présent de la croûte accessible à nos fouilles, exigeraient des siècles et une dépense plus que royale pour être amenées au point de former un ensemble scientifique.

(1) *Bergmann*, Géographie-Physique, I, 265.

LIVRE TRENTE-UNIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Des Substances simples qui composent la partie solide de la Terre. PREMIÈRE SECTION : *Substances acidifères, terreuses et inflammables.*

C'EST à la chimie à examiner la part que prennent les gaz, les acides et les terres élémentaires daus la formation des substances non organiques dont se compose la croûte solide du globe dont nous venons de considérer les formes extérieures et intérieures. La minéralogie décrit, définit et classe ces substances; la géologie disserte sur leur origine; mais la géographie-physique, dont le but est de peindre la structure, la compositiou et les rapports physiques du globe, ne saurait être accusée d'envahir un domaine étranger, en traçant un aperçu général des substances qui forment les parties solides de la terre.

Ces substances sont ou simples, c'est-à-dire formées des mêmes élémens chimiques et ayant pour noyau la même molécule intégraute; ou *agrégées*, c'est-à-dire composées de deux ou plusieurs substances simples; les premiers sont les *minéraux*, objets de la science minéralogique et cristallographique; les seconds sont les *roches* et *terrains*, dont la géognosie s'occupe spécialement. Définition des substances simples et agrégées.

Nous distinguons *quatre classes* dans le règne minéral. La *première* comprend les *substances acidifères*, composées d'un acide uni à une terre ou à un alcali, et quelquefois à l'un et à l'autre; à la *deuxième* appartiennent les *substances terreuses*, dans la composition desquelles il n'entre que des terres, quelquefois unies à un alcali; on place dans la *troisième* les *substances inflammables* non métalliques, substances encore mal analysées, mais qui peuvent être distinguées par la propriété qu'elles ont de brûler en se décomposant, ou de s'évaporer. La *quatrième classe* renferme les *substances métalliques*, reconnaissables Classes de minéraux.

par leur brillant, par leur grande pesanteur spécifique, et en partie par leur ductilité sous le marteau (1).

Nous allons considérer les trésors du règne minéral sous les points de vue de la géographie-physique, c'est-à-dire en nous attachant aux genres les plus répandus dans la nature, et aux espèces les plus remarquables par leurs qualités physiques. En prenant pour base la terminologie de M. *Haüy*, nous la comparerons avec celle des autres minéralogues.

Chaux carbonatée. La *chaux carbonatée*, c'est-à-dire combinée avec l'acide carbonique, est ce qu'on appelait ordinairement *chaux aérée* ou *spath calcaire*. C'est la substance minérale la plus abondante de celles qui existent à la surface du globe. Elle appartient à toutes les époques et à tous les sols. Dans les terrains anciens et primordiaux, non-seulement elle entre parmi les principes constituans des roches, mais encore elle se présente solitairement en masses ou en bancs immenses, dont le caractère particulier est d'avoir une contexture lamellaire ou écailleuse, qui annonce une cristallisation confuse. Elle domine encore plus dans les terrains secondaires ou stratifiés, dont plus de la moitié lui doit son existence. Elle se trouve dans les terrains tertiaires, associée à l'argile, et y constitue les

Craie. marnes. A l'état de *craie*, elle forme de vastes couches, fréquemment suivies de bancs de *calcaire coquillier*, qui est une coagulation de coquillages marins. On est donc tenté de regarder la craie comme une très-ancienne décomposition chimique des restes méconnaissables d'animaux marins (2). Il est certain que les madrépores et d'autres polypes des mers équatoréales, forment continuellement de la chaux en quantité considérable; le port de Bantam a été fermé en moins d'un siècle par des roches de corail créées par les polypes (3). La chaux se rencontre

(1) *Haüy*, Traité de minéralogie. *Brongniart*, Traité élémentaire de minéralogie. *Delamétherie*, etc. (2) *Steffens*, Mémoires sur l'histoire naturelle intérieure, p. 26 (en all.). (3) *Blumenbach*, Histoire naturelle, p. 450. Comp. *Forster*, *Péron*, etc.

encore en cailloux roulés et en brèches dans le sol de transport, et on la retrouve dans le sol volcanique, où elle a été mise à découvert par les explosions. Il y a pourtant des contrées où la chaux ne se montre pas, ou, du moins jusqu'à présent, paraît très-rare; telle est la région voisine du cap de Bonne-Espérance (1), et la presqu'île granitique et volcanique du Kamtchatka (2).

La chaux carbonatée, confusément cristallisée, forme les pierres à bâtir ordinaires. Lorsqu'elle est d'un grain plus fin, c'est la pierre de liais, qui est le marbre des gens peu fortunés. A mesure que la chaux carbonatée en cristallisation confuse devient plus dure, et pour ainsi dire plus raffinée, elle se prête plus au poli et au ciseau du sculpteur; elle devient *marbre*. Le marbre blanc statuaire, que l'on tire de Carrare en Italie, en est la variété la plus pure. Les marbres colorés sont des matières calcaires mêlées plus ou moins avec différentes substances étrangères. *Pline* a eu raison de dire : « Quel pays n'a pas son espèce de marbre? » Cependant il paraît que les marbres deviennent plus rares, d'une cristallisation plus régulière, d'un grain plus grossier, et plus mélangés de parties pyriteuses, à mesure qu'on s'éloigne du milieu de la zone tempérée vers le pôle. Marbre.

Les cristaux de chaux carbonatée, sous le nom de *spath calcaire*, se trouvent dans toutes les cavités souterraines et dans tous les filons; ils ornent tous les cabinets de minéralogie. Infiltrée à travers les voûtes des grottes souterraines, cette substance forme les concrétions connues sous le nom de *stalactites* calcaires, et dans lesquelles la variété des positions et des figures offre à l'imagination du spectateur des illusions agréables ou bizarres. La *géode* est une concrétion dont l'intérieur vide est tantôt rempli de cristaux, tantôt hérissé d'innombrables aiguilles. La concrétion calcaire, plus uniforme et plus abondante, produit les masses connues sous le nom d'*albâtre* Spath calcaire. Stalactites. Albâtre calcaire.

(1) *Thunberg*, Voyage, I, 216 (en all.). *Sparman*, Voyage, 142-618 (en all.). (2) *Georgi*, Description physique de la Russie, I.

calcaire, qui diffère du marbre par une moindre pureté, par un certain degré de transparence, et par la distribution des couleurs.

Incrustations. Les *incrustations* formées par des eaux chargées de chaux carbonatée ont donné lieu à dire qu'il y avait des *sources pétrifiantes*. On trouve de ces incrustations qui conservent exactement la figure des végétaux qui en ont été enveloppés, et dont la substance végétale s'est anéantie. C'est de la même manière que se forment les *tufs* ou sédimens calcaires dans les canaux et les lits des eaux chargées de cette matière.

Les autres espèces de chaux jouent des rôles moins importans. Chaux phosphatée, fluatée, etc. Quelques variétés de la *chaux phosphatée* et *fluatée* donnent des cristaux colorés qui ressemblent, par leur aspect, aux pierres fines, tels que le *chrysolithe*, la *prime d'émeraude*, le faux *rubis balais* et autres. La *chaux fluatée* sert souvent de gangue aux mines métalliques.

Chaux sulfatée. La *chaux sulfatée*, ou combinée avec l'acide sulfurique, est ce qu'on nomme vulgairement *gypse* ou pierre à plâtre, lorsqu'elle est mêlée de chaux carbonatée. Les cristaux s'appellent *sélénite* ou *pierre spéculaire*. Cette pierre, divisible en lames brillantes et transparentes, servait, chez les anciens, en guise de verre pour les carreaux. Elle ressemble extérieurement au *mica foliacé* ou talc de Moscovie, dont cependant elle diffère absolument par sa substance. La chaux sulfatée compacte, à grains fins et serrés, d'une belle couleur blanche, est la substance qui, Albâtre gypseux. sous le nom d'*albâtre gypseux* ou *alabastrite*, a tant de fois offert aux poëtes un terme de comparaison pour exprimer la blancheur d'un beau cou ou de deux charmans bras. La chaux sulfatée se trouve le plus souvent sous la forme de monticules, et quelquefois par couches, dans les terrains de seconde et troisième formation. Il paraît douteux s'il y en a de première formation, ou si les amas qu'on en trouve sur des montagnes primitives y ont été produits par des causes postérieures (1). L'école de Werner

(1) *Saussure*, Voyage dans les Alpes, §§ 1208, 1226, 1239, 1931.

soutient la première opinion. Le nord de l'Europe et de l'Asie est peu fourni de chaux sulfatée (1).

La *barite* et la *strontiane* intéressent peu la géographie-physique, quoique la variété sulfatée de la dernière espèce donne les superbes cristaux qui tapissent les cavités des couches du soufre, dans les vals de Noto et de Mazzara en Sicile. Le rôle attribué à la *magnésie* dans la formation de certaines roches, n'est pas encore bien déterminé (2). La *magnésie sulfatée*, connue sous le nom de *sel amer* ou *sel d'Epsom*, se trouve dans beaucoup d'eaux minérales, existe dans toutes les eaux potables des environs de Montpellier, et effleurit quelquefois sur les schistes, où l'on peut la recueillir (3). Barite. Strontiane. Magnésie.

La *potasse nitratée* est composée d'alcali végétal ou potasse, d'acide nitrique et d'eau de cristallisation. Elle est généralement connue sous le nom de *salpêtre* ou *nitre*. Il s'en forme journellement dans les endroits qui, comme les écuries, les étables et les caves, renferment des matières animales et végétales en putréfaction, ou reçoivent les émanations de ces substances. Il s'en dépose à la surface des vieux murs. Comme cette substance est recherchée pour la composition de la poudre à canon et de l'eau-forte, on a formé des nitrières artificielles au moyen d'un mélange de matières végétales et animales. Potasse nitratée.

La *soude muriatée* ou *sel commun*, composée de soude, d'acide muriatique et d'eau, est répandue dans la nature avec une abondance proportionnée à son utilité. A l'état de cristallisation, elle est nommée *sel gemme* ou *sel fossile* ; elle forme des masses immenses en Pologne, en Hongrie (4), en Autriche, en Bavière, dans le Hanovre, en Angleterre, en Espagne, et en général dans tous les terrains secondaires. Les eaux de la mer tiennent aussi en dissolution une grande quantité de soude muriatée ; l'on Soude muriatée.

---

(1) *Georgi*, Description physique de la Russie, V, 126.

(2) *Faujas Saint-Fond*, Géologie, II, 298 sqq. *Delamétherie*, Théorie, t. V, p. 12. (3) *Chaptal*, cité par *Haüy*, Minéralogie, II, 336.

(4) *Fichtel*, Histoire du sel gemme (en all.).

en extrait de diverses manières. On laisse évaporer les eaux marines, tantôt dans des fosses par l'action de la chaleur solaire, tantôt dans des chaudières à l'aide du feu. Le *sel marin* a différens degrés d'âcreté et d'intensité. Certains lacs, rivières et sources, contiennent aussi du sel; ces eaux abondent surtout autour de la mer Caspienne, où le sol même est partout imprégné de sel. Les lacs salés se trouvent ordinairement parmi les collines de marne, d'argile, de chaux et de gypse (1).

Soude boratée. La *soude boratée* ou le *borax* est d'un grand usage, surtout pour fondre et souder les métaux; mais on a disputé sur son origine. Il paraît qu'il se trouve formé par la nature, dans certains lacs et cavernes en Thibet, en Necpal, en Perse, en Tartarie, même en Saxe; mais il est aussi certain qu'on le produit par une méthode analogue à celle employée dans les nitrières artificielles (2). La *soude carbonatée*, vulgairement le *natron*, se trouve dans certains lacs de l'Egypte; dans celui de *Kis-Maria* en Hongrie; dans ceux des plaines au nord de la mer Caspienne. Il couvre quelquefois les plaines comme une efflorescence légère (3). L'*ammoniaque muriatée*, communément dite le *sel ammoniac*, vient de l'Egypte et de la Perse; on le trouve en petites masses autour des volcans de Sicile et d'Italie; on en fabrique dans quelques pays de l'Europe. Mêlé avec de la glace pilée, il produit un froid artificiel qui, suivant *Macquer*, va jusqu'à 18 degrés de Réaumur. Tous ces sels paraissent abonder particulièrement dans des plaines enfermées de montagnes, et qui ont dû être les bassins des lacs aujourd'hui desséchés ou écoulés en partie. Le grand désert de Sahara paraît être un semblable bassin, couvert d'efflorescences salines, tandis que la région arrosée par le Niger en est totalement dépourvue. En Amérique, le Brésil manque de sel, tandis que le

Soude carbonatée.

Ammoniaque muriatée.

(1) *Pallas*, Voyag., *passim*. *Georgi*, Descript. de la Russie, V, 21-59.
(2) *Fourcroy*, Elémens d'histoire naturelle et de chimie, tome II, p. 68. *Busching*, Introduction à la géographie, page 120.
(3) Voyages de *Townson*, de *Pallas*, etc.

Paraguay en abonde. En Europe, le sel est rare dans la Scandinavie et le nord de la Russie.

L'alun a pris, chez les auteurs modernes, le titre d'*alumine sulfatée alcaline*; cette substance ne se trouve isolée qu'en petite quantité; mais on la retire de certaines terres et pierres qui en sont imprégnées, ou des schistes et des pyrites, qui seulement en contiennent les principes. Alun.

L'alumine pure qu'on retire de l'alun, se distingue, parmi les terres élémentaires, par sa tendance à s'emparer de l'eau. Elle est mêlée aux substances les plus dissemblables; elle entre dans la composition de l'argile commune, et dans celle des pierres gemmes orientales. On sait que ces pierres sont extrêmement difficiles à fondre.

Un missionnaire danois a rapporté du Groenland une substance qu'on appelle *cryolithe*, et qui fond comme la glace à la flamme d'une bougie; c'est l'alumine fluatée alcaline de Haüy. Ces résultats si opposés de combinaisons dans lesquelles domine pourtant une seule et même substance, doivent nous apprendre qu'une véritable théorie de la terre ne peut employer qu'avec une extrême circonspection les principes et les analyses chimiques. Cryolithe.

Passons aux substances terreuses. La première espèce qui s'offre à notre attention est celle du quartz-hyalin, ou du quartz proprement dit; elle a pour base la silice cristallisée : elle comprend des variétés très-différentes aux yeux du vulgaire; mais la méthode sévère de la minéralogie moderne, appuyée sur l'analyse chimique, rejette toutes ces fausses classifications, basées sur l'aspect extérieur. Quartz proprement dit.

Si le quartz-hyalin (1) se trouve en grains arrondis ou anguleux, sans cohésion, ayant une surface vitreuse, il est ignominieusement foulé aux pieds, il est prodigué dans les chemins publics; en un mot, c'est le *sable* ou le *gravier*; si ces petits grains sont réunis par un ciment Sable et gravier.

(1) *Haüy*, II, 407 *sqq*.

naturel, c'est le *grès* quartzeux. Roulée en petites masses arrondies, la même substance s'élève déjà au rang des cailloux cristallins. Enfin, lorsque ce même *quartz-hyalin*, par une cristallisation plus régulière, joint une densité égale à une belle eau, c'est-à-dire à une transparence limpide, il brille dans les cabinets des amateurs, sous le nom de *cristal de roche;* il orne les lustres, et sert même à des ouvrages de joaillerie. C'est à Madagascar qu'on trouve les cristaux en grandes tables les plus limpides (1); circonstances qui semblent confirmer la vérité des bruits recueillis par Hérodote et Pline sur l'abondance de cristal dans la Haute-Ethiopie. Violet ou pourpre, le cristal de roche est l'*améthyste* ordinaire, substance très-estimée et comptée parmi les gemmes; bleu, il est le *saphir d'eau*, moins recherché; rose, le *rubis de Bohême* ou prime de rubis; jaune, la *topaze occidentale;* enfin, les cristaux de cette substance prennent les noms de gemmes auxquels ils ressemblent par la couleur.

Cristal de roche.

Quartz-agate ou silex.

L'espèce du *quartz-agate*, dont la silice concrétionnée fait la base, et dont plusieurs minéralogistes continuent à faire un genre à part sous le nom de *silex* (2), renferme, entre autres variétés, la *calcédoine*, qui est d'une transparence nébuleuse, bleuâtre ou grisâtre; la *cornaline*, qui a la couleur rouge et la demi-transparence de la cerise; quelquefois elle est d'un bel incarnat; la *chrysoprase*, d'un vert clair et tendre. On donne le nom d'*onyx* aux agates de deux couches translucides de diverses couleurs. L'*agate orientale* est distinguée par sa pâte très-fine et comme bouillonnée dans l'intérieur par plusieurs couches ondulées. La pâte du quartz-agate, devenue moins fine, donne des *pierres à fusil*, des *pierres meulières*, et jusqu'à de vils cailloux. L'*enhydre*, célébrée par Pline, est une géode de quartz-agate, renfermant

Agate orientale.

(1) *Rochon*, Recueil de mém. sur la physique, 155.
(2) Comp. *Haüy*, II, 439. *Bergmann*, Sciagraphia, I, 325. *Delamétherie*, Théorie de la terre, II, 136.

de l'eau que sa demi-transparence permet d'apercevoir. Il y a une variété de quartz qui surnage à l'eau jusqu'à ce qu'il en soit imbibé.

Opale.

L'*opale* noble est un quartz-résinite laiteux, répandant de beaux reflets d'iris. On l'estime infiniment à cause de cette brillante apparence, qu'il doit cependant à ses imperfections mêmes, savoir aux petites fentes dont il est rempli. Morcelé, il n'offre plus cet agréable jeu d'optique (1). L'*hydrophane* ou la *semi-opale* devient d'une très-belle transparence lorsqu'on la plonge dans de l'eau.

Jaspe.

Le *jaspe* est un quartz-agate empâté avec de l'argile ferrugineuse, qui lui communique diverses couleurs. On l'avait autrefois confondu avec le porphyre ; mais on reconnaît aujourd'hui que le jaspe est d'une formation secondaire, et n'a rien de commun avec les roches porphyritiques primitives. En général, tous les quartz-agates appartiennent aux terrains secondaires. Les couches de *silex* proprement dits, savoir des pierres à fusil, des pierres meulières et des cailloux ordinaires, quoique peu considérables par rapport au globe, offrent dans leur situation des particularités remarquables. Les couches de silex alternent le plus souvent avec celles de craie : quelques naturalistes ont pensé que c'étaient les restes pétrifiés de certains animaux marins (2). De vastes régions du globe, comme, par exemple, la Sibérie et les plaines autour de la mer Caspienne, sont presque dépourvues de pierres à fusil ou silex pyromaque (3).

Silex communs.

Gisement du quartz-hyalin.

Le *quartz-hyalin*, sans former jamais à lui seul aucune montagne, abonde dans tous les sols ; il est une des parties intégrantes de la plupart des espèces de roches granitiques : en grains cristallisés, il entre dans la pâte de plusieurs roches porphyritiques ; il fait la base d'un grand nombre de roches micacées fossiles. Ses cristaux occupent les cavités accidentelles de presque toutes les masses consi-

(1) Voyez *Newton*, *Optice lucis*, l. II, page 2, et la Minéralogie d'*Haüy*, tome II, p. 456. (2) *Delamétherie*, Théorie de la Terre, V, p. 33. (3) *Georgi*, Descript. de la Russie, III, 169.

dérables de roches ; ils en garnissent les parois en prismes transparens qui ont jusqu'à trois décimètres, ou environ un pied de diamètre. On nomme ces cavités *poches* ou *fours à cristaux*. Le quartz-hyalin forme des filons, souvent très-puissans, qui traversent les montagnes primordiales ; et ces filons, mis à découvert et devenus saillans par la dégradation des roches dans lesquelles ils étaient comme encaissés, ont pu faire naître l'opinion qu'il existait des montagnes uniquement composées de quartz. Il n'y a presque aucun terrain secondaire dans lequel on ne trouve du quartz commun ou informe, soit en masses et en veines, soit en cristaux (1).

Fours à cristaux.

Gisement du quartz-arénacé.

Le quartz-arénacé, ou le sablon et le gravier, remplit, comme on sait, le fond du bassin de la mer ; il couvre les bords des fleuves, et même de vastes plaines très-élevées et fort éloignées de la mer, comme le désert de Sahara en Afrique, de Kobi en Asie, et autres. Ce quartz provient (du moins en partie) de la dégradation des roches granitiques primitives : les eaux courantes le charrient ; et, lorsqu'il est en petits grains légers et arrondis, les vents l'emportent d'un endroit à l'autre. Les collines alors se meuvent comme des flots : un déluge de sable inonde les champs voisins.

Le quartz-arénacé fournit, par la fusion, une des substances artificielles les plus utiles, le verre, qui, moins dur que les cristaux de quartz, peut devenir aussi transparent, et qui sert également nos besoins et nos plaisirs. Là, il brille en murs de cristal dans les palais ; il réfléchit les charmes de cent beautés rassemblées ; ici, dans la main du philosophe, il nous découvre les mondes qui roulent sur nos têtes dans les espaces célestes, et les merveilles non moins admirables que nous foulons sous nos pieds.

Pierres fines.

Nous passerons rapidement sur les diverses espèces de *pierres fines*, qui, presque toutes, sont composées d'alumine ou d'argile pure, comme les analyses de Bergmann

(1) *Brongniart*, I, 271-279.

et de Klaproth l'ont prouvé. Dans la méthode d'Haüy, le nom de *corindon* comprend aujourd'hui une espèce dont la variété rouge est le vrai *rubis oriental* (1); la bleue, le *saphir* oriental; et la jaune, la *topaze* orientale. Les amateurs de pierres réunissent ces trois variétés sous la dénomination de *pierre gemme orientale*. Ce sont 98 parties d'alumine et 2 de fer qui forment ces précieuses et brillantes substances. (Pierres gemmes orientales.) A l'espèce du *spinelle*, dont le métal nommé *chrôme* est le principe colorant, appartiennent le *rubis spinelle*, d'un rouge écarlate; le *rubis balais*, d'un rose faible; le *rubacelle*, qui tire sur le rouge jaunâtre : les spinelles sont moins dures et ont moins de jeu que les corindons. (Spinelle.) Les *topazes* limpides et transparentes de Sibérie; celles de Saxe, d'un jaune pâle; celles de Brésil, dont la couleur jaune est un peu roussâtre, sont mises par Haüy dans la même classe; le *rubis du Brésil* n'est qu'une topaze rouge (quelquefois rougie par le feu); l'*aigue-marine orientale*, ou *saphir de Brésil*, est une topaze bleu-verdâtre : plusieurs *chrysolithes* appartiennent à la même espèce. (Topazes.) La belle *émeraude* du Pérou, dont le vert pur flatte l'œil plus agréablement que l'éblouissant éclat de plusieurs autres gemmes plus parfaites, et l'*aigue-marine* occidentale ou ordinaire, pierre assez peu estimée, ont les mêmes bases, savoir : la silice, l'alumine, la glucyne et la chaux; mais le principe colorant est, dans l'émeraude, le *chrôme*, et, dans l'aigue-marine, une faible quantité de fer. (Emeraude.) Les *grenats* de Bohême, d'un superbe rouge coquelicot, et ceux de Syrie, d'un violet pourpre, contiennent une très-grande quantité de fer, quelquefois plus d'un tiers ou même deux cinquièmes : le grenat oriental est très-magnétique. Ce fer, chose singulière, ne nuit aucunement à la transparence de la gemme (2). (Grenats.) La *cymophane*, connue sous les noms de *chrysobéryllе* et de *chrysolithe* orientale, est d'une couleur vert-

(1) Les lapidaires appellent *orientales* toutes les gemmes parfaites, et *occidentales* celles qui le sont moins. (2) *Haüy*, II, 551.

jaunâtre, et approche en dureté et pesanteur du corindon.

Sur le diamant. On s'étonne peut-être de ce que nous n'avons pas encore nommé le *diamant*, ce roi des gemmes. La raison est que ce roi vient d'être détrôné. La chimie moderne a prouvé, par des expériences multipliées et décisives, que le diamant, loin de résister au feu, comme les véritables gemmes, se dissipe entièrement sans laisser de résidu. Par conséquent, on classe aujourd'hui le diamant parmi les corps combustibles, à côté du soufre, du succin, des charbons de terre. Il paraît que la substance du diamant est du carbone pur. Comme toutes les pierres fines, le diamant semble n'abonder qu'aux Indes orientales et dans l'Amérique méridionale. Les métaux précieux semblent également appartenir plus spécialement aux régions équatoréales.

Feldspath. En passant sous silence quelques espèces moins intéressantes, nous considérerons le *feldspath*, substance composée principalement de silice, ensuite d'alumine, de chaux, de potasse; s'il est coloré, c'est par l'oxide de fer. Il raye le verre, est phosphorique et étincelle sous le briquet. Le feldspath domine dans tous les terrains primitifs, y forme la base d'une multitude de roches, et entre au moins pour les deux tiers dans la masse de tous les granites (1); il constitue même à lui seul des terrains très-étendus. *Guldenstedt* nous apprend que le feldspath, soit pur, soit mêlé de quartz grenu, forme ce vaste plateau de roches qui s'étend des deux côtés des cataractes du Dnieper : les fossés du fort de Sacharowa sont taillés dans le feldspath vif (2). C'est aussi à cette substance que les roches porphyritiques doivent les taches distinctes qui relèvent le fond de leur couleur; mais rarement ces roches le présentent sous des formes régulières. Les beaux cristaux de feldspath, soit opaques et colorés, soit limpides et transparens, occupent des filons

(1) *Dolomieu*, cité par *Haüy*, II, 608.
(2) *Georgi*, Russie, III, 179.

ou des cavités renfermées dans les montagnes primitives; et ce sont les Alpes-Lombardes qui ont fourni ce que les cabinets de France renferment de plus parfait en ce genre. Mais les plus beaux cristaux de feldspath, qui joignent à une belle couleur verte un grand degré de transparence, se trouvent en blocs de transport dans les stepps des Kirguis, d'où les Buchariens les apportent à Semipalatnoi (1). Ce sont encore les montagnes de la Sibérie, vers le lac Baïkal, qui ont fourni ces grandes lames de feldspath azuré dont le palais de Czarskoselo est orné. Il paraît donc que cette roche abonde plus encore dans les Alpes d'Asie que dans celles d'Europe. Au contraire, l'Amérique n'en paraît pas abondamment fournie.

Cette substance, même décomposée, joue encore un rôle important. On la retrouve en grandes couches depuis les monts Uraliens jusqu'au Kamtchatka. Parmi les deux substances dont les Chinois se servent pour faire leur porcelaine, l'une, nommée *petunzé*, est un feldspath laminaire blanchâtre; l'autre, appelée *kaolin*, est un feldspath argiliforme, c'est-à-dire qui a passé, par la décomposition, de l'état de pierre à celui d'une argile très-friable, sans cohésion, se délayant dans l'eau, d'une belle couleur blanche, et à elle seule infusible; mais le petunzé fait office de fondant. On se sert de ces mêmes substances dans les fabriques de porcelaine en Europe. Feldspath décomposé.

Le nom de *petrosilex* (2) a été donné à plusieurs substances très-répandues dans la nature; mais il paraît qu'il règne encore une grande confusion dans cette subdivision du règne minéral. Le *hornstein* de Werner, ou *keratolithe* de Delamétherie, et le pétrosilex secondaire ou *néopètre* de Saussure (3), paraissent être une seule et même substance, appartenante aux quartz-agates grossiers et aux Pétrosilex.

(1) *Pallas*, Nouv. mémoires du Nord, V, 309. *Bindheim*, Analyse, etc., dans les Mémoires des naturalistes de Berlin, vol. XI.

(2) *Petrosilex*, mot latin qui correspond aux mots *fels-kisel* en allemand; *berg-flint* en danois; *helle-flinta* en suédois: tous ces mots disent *silex de roche*. (3) Voyages, § 1194.

terrains secondaires ; mais le véritable *pétrosilex* compacte demi-translucide, qui se trouve en Suède (1), en Norwège, en Suisse, et en général dans tous les terrains primitifs, paraît se rapprocher du feldspath (2). Cette roche forme à elle seule des montagnes considérables, tant dans les Alpes que dans la chaîne Uralienne ; ici, il se trouve rarement en blocs de transport et en cailloux roulés.

Amphibole, autrefois Hornblende.

L'*amphibole*, moins répandu que le feldspath, n'en tient pas moins un rang distingué parmi les substances qui composent les roches primitives ; il domine dans le *grunstein ;* il forme, avec le feldspath, les *trapps* primitifs, différens des basaltes ; il entre dans la composition du *syénite*, roche souvent très-voisine du granite. Il forme aussi à lui seul des masses considérables. Les cristaux d'amphibole d'Europe se rencontrent le plus fréquemment enveloppés dans les matières rejetées par les volcans ; en Sibérie, le voyageur Laxman a trouvé, près du lac de Baïkal, de l'amphibole cristallisé en petites colonnes prismatiques, à quatre grands pans et trois petits ; on l'avait d'abord nommé *baïkalite* (3).

Mica.

Le *mica*, substance remarquable par son brillant métallique, se distingue du *talc* parce qu'il a simplement une surface lisse, et non pas, comme le talc, une onctuosité très-sensible au toucher. La variété du mica qui est en grandes feuilles et transparent, lorsque ses lames ont peu d'épaisseur, s'appelle mal à propos *talc de Moscovie ;* il est aussi connu sous le nom latin de *glacies Mariæ :* les Russes, surtout en Sibérie, le substituent au verre pour garnir les fenêtres (4) ; mais il se salit vite, et perd en partie sa transparence lorsqu'il est exposé à l'air. Une autre variété du mica en paillettes, d'une couleur

Verre de Moscovie.

(1) *Wallerius*, Système minéral, tome I, p. 283. (*Petrosilex æquabilis*, Spec. 122). (2) *Haüy*, IV, 385. *Delamétherie*, II, 203.

(3) *Severgin*, Nov. act. Petropol. 1791, p. 307. *Crell*, Annal. chim. 1793, II, 21.

(4) *Patrin*, Hist. nat. des minéraux, tome I, page 71.

jaune-d'or ou blanc-argentin, est connue de tout le monde sous les noms ridicules d'*or de chat* et d'*argent de chat*. Le sable doré et la *poudre d'or* que les papetiers emploient pour brillanter divers ouvrages, n'est que du mica en petits fragmens.

Le *mica*, dit *Dolomieu* (1), appartient essentiellement aux terrains primordiaux, où il a pris naissance au milieu de la cristallisation confuse par laquelle les roches ont été constituées. Celui qui est empâté dans certaines substances pierreuses des terrains secondaires, y a été transporté depuis la destruction des roches qui le renfermaient, et d'autant plus facilement, que ses parcelles, minces et légères, étaient susceptibles d'être charriées par les eaux, qui les ont déposées avec d'autres sédimens d'une nature analogue. Les débris de mica se trouvent aussi, par transport, dans les couches de grès et de schiste, qui alternent ordinairement avec celles de houille. Ses parcelles sont encore assez souvent disséminées dans les sables de dernière formation; ainsi, il existe en différens états dans les terrains de toutes les époques. Il paraît que dans le midi de l'Europe, si bien observé par *Dolomieu*, le mica se trouve rarement cristallisé à part, que dans les roches il ne forme point de lames d'une étendue sensible, et que, même dans les filons, ses lames n'ont guère que quelques pouces de largeur : mais tous les rapports confirment qu'on le trouve en Russie, en Sibérie et dans la Songorie, en lames et en masses quelquefois de plus de deux aunes en carré. C'est dans les montagnes granitiques voisines des rivières de Mama et d'Aldon, que l'on exploite le mica ; il se trouve par *nids*, se montre quelquefois au jour, mais plus souvent est couvert d'une couche de talc (2). Près le lac Baïkal et dans les monts Ural, on rencontre au milieu du granite des amas ou nids de lamelles rhomboïdales et hexagones de mica transparent. C'est un véritable phénomène de géographie-physique, que

Gisement du mica.

(1) *Haüy* Minéralogie, III, 214. (2) *Gmelin*, dans *Georgi*, III, 238.

cette cristallisation plus libre du mica dans les régions septentrionales.

Talc. Le *talc* (1), qui diffère du mica par l'onctuosité de sa surface au toucher, a aussi une moindre dureté ; il ne raye pas même la chaux carbonatée : il est facile à racler avec un couteau. D'un autre côté, il diffère de l'argile savonneuse, en ce que, mis dans l'eau, il n'y forme point de pâte, et ne happe point à la langue. Le *talc de Venise*, qui abonde dans le Tyrol et la Valteline, est d'un blanc verdâtre, argentin et divisible en des lames minces, transparentes et flexibles ; il donne une poudre qui rend la peau lisse et qui est employée comme cosmétique. Le talc écailleux est connu sous les noms de craie de Briançon. Le *stéatite*, c'est-à-dire, *pierre de lard*, est le *talc graphique* de Haüy ; c'est la matière de ces petites figures qu'on nous apporte de la Chine, et que leur aspect grotesque a fait appeler *magots*, par allusion à l'espèce de singe qui porte le même nom. Le *talc ollaire*, qui se laisse tourner aisément, est façonné en marmites.

Gisement du talc. Cette substance appartient en même tems aux terrains primitifs et aux terrains secondaires ; mais elle est moins commune dans ceux-ci. Selon Dolomieu, il provient quelquefois de la décomposition des roches serpentines, et il occupe alors des fentes où les produits de cette décomposition s'étaient rassemblés. Cependant, Dolomieu regarde le talc comme formé long-tems après les roches granitiques. Il forme à la vérité des bancs très-étendus ; mais alors il n'est plus pur ni homogène. Le talc le plus pur se trouve en rognons engagés dans les roches micacées. Le *talc chlorite* ouvert semble quelquefois avoir pénétré par infiltration dans les filons des roches primitives ; il est coloré par le fer ; en Corse et près de la Mer-Blanche (2), on en trouve de feuilleté qui est tout pénétré de petits cristaux éclatans de fer. La *terre verte*

(1) *Talc*, pierre grasse au toucher et à la vue ; de *talg*, suif, en dan., suéd., allem. (2) *Laxman*, dans *Georgi*, III, 214.

de Vérone, qui sert dans la peinture, est une variété de talc chlorite ; elle a pour support des couches de lave compacte, dans les cavités de laquelle elle s'est introduite par infiltration.

Nous nous voyons obligés de passer rapidement sur plusieurs espèces intéressantes, telles que la *tourmaline*, ou le *schorl électrique*, qui est remarquable par sa très-forte électricité en deux points opposés ; chauffée, elle attire ou repousse des corps légers, tels que les grains de cendre (1) ; la *lazulite*, ou le saphir des anciens (2), qui donne cette superbe couleur de *bleu d'outremer*, dont cependant la force inaltérable, à côté des autres couleurs plus ou moins fondues et radoucies par l'effet de l'air, rompt un peu l'harmonie dans les tableaux ; une foule de pierres, auxquelles on a successivement donné le nom de *zéolithe* ; le *jade* ou néphrite, qui se rapproche du talc ; l'*idocrase*, autrement la *Vésuvienne* ; l'*amphigène* de Haüy, autrement *leucite* ou grenat blanc ; l'*émeraudine* (*dioptaze* de Haüy), qui, par sa belle couleur verte due au cuivre, joue l'émeraude ; enfin une foule d'autres qu'il serait trop long de nommer. Terminons ce coup d'œil sur les substances terreuses par quelques mots sur le fameux *asbeste*.

Tourmaline. Lazulite. Jade.

Cette substance, appelée aussi *amiante*, paraît être un produit de la décomposition des roches primitives, parmi lesquelles il se trouve le plus souvent. Il occupe surtout les fentes et les cavités des roches stéatiteuses, serpentineuses, et autres pierres abondantes en magnésie. L'asbeste, qui se trouve dans les montagnes de la Tarantaise, en Savoie, y forme des filamens soyeux de plus de trois centimètres, ou environ un pied de longueur. Les personnes peu instruites ont beaucoup de peine, en voyant une touffe séparée de cet asbeste, à se persuader que c'est réellement une pierre, et non pas une

Asbeste ou amiante.

(1) Minéralogie de Haüy, III, pages 44-58. (2) *Bayer*, Dissert. de Sapphiro. *Beckmann*, Hist. des inventions, III, 182 *sqq.*

belle soie blanche. L'asbeste abonde en Corse ; Dolomieu s'en servit, au lieu de foin et d'étoupes, pour emballer d'autres minéraux. *Ciampini* dit que le plus long asbeste qu'il a vu, venait des Pyrénées (1). Il abonde dans les monts Ural et au Groenland. En Corse, on mêle l'asbeste dans l'argile dont on fabrique de la poterie ; celle-ci devient moins cassante et plus capable de résister à l'alternative subite du chaud et du froid. Les anciens filaient l'asbeste et en faisaient des nappes, des serviettes, des coiffes. Quand ces pièces étaient sales, on les jetait au feu, qui ne détruit point la substance de l'asbeste : on les en retirait plus blanches que si elles avaient été lavées. Dans les pompes funèbres des rois et des empereurs, on enveloppait le cadavre avec des toiles d'asbeste, avant de le mettre sur le bûcher ; ainsi l'on en obtenait séparément les cendres augustes (2). Dans les tems modernes, les Russes seuls ont essayé, avec succès, de filer l'asbeste ; les habitans du mont Ural ont encore conservé quelques restes de cette industrie frivole (3). Le papier indestructible, tiré de cette substance, a paru plus utile. On fait aussi avec l'asbeste des mèches à lampes qui s'imbibent d'huile facilement et brûlent avec une flamme assez vive (4). Le père *Kircher* fit usage pendant plus de deux ans d'une pareille mèche, sans qu'elle parût s'être altérée ni raccourcie ; mais, l'ayant perdue par accident, il ne pouvait pousser plus loin son expérience. Peut-être la fable des lampes sépulcrales inextinguibles est-elle due à l'emploi de mèches semblables.

Emplois de l'asbeste.

Soufre.

Parmi les substances inflammables, le *soufre* s'offre naturellement le premier à notre pensée. Celui qui s'est cristallisé par action d'un liquide, se trouve engagé par veines ou par bancs dans la chaux sulfatée ou dans l'ar-

---

(1) *De lino incombustibili* ; Romæ, in-4°, 1691, pag. 5 et 6.

(2) *Pline*, Histoire nat., liv. 19, ch. 1. (3) *Bruckmann*, Magnalia Dei in locis subterr., II, 955. *Georgi*, III, 244. (4) *Egede*, Relation du Groenland (en danois).

gile. Ces couches, souvent très-puissantes, avoisinent celles du sel gemme. Les cristaux de soufre garnissent quelquefois l'intérieur des géodes calcaires, ou même quartzeuses. A l'égard du soufre formé par sublimation, on le trouve en poussière, en masses striées, ou même en cristaux, à la bouche de plusieurs volcans, tels que l'Etna, le Vésuve, le mont Hecla. Il se forme aussi du soufre par la putréfaction des matières animales. Plusieurs substances, entre autres les pyrites sulfureux, sont imprégnées de soufre. On ne saurait douter que les acides sulfureux et sulfurique n'aient joué un rôle dans la fermentation primitive des élémens; mais rien, dans l'ordre actuel des choses, ne nous éclaire sur ces mystères de la nuit et du chaos.

Nous avons déjà parlé du *diamant*, auquel la sévère justice de la chimie moderne assigne une place parmi les substances combustibles. *L'anthracite*, substance semblable à la houille, chargée de matière pierreuse et d'une combustion difficile, paraît avoir pour base le même principe que le diamant, savoir, le carbone pur, mêlé accidentellement avec de la silice et du fer. L'anthracite appartient de préférence, mais non pas exclusivement (1), aux terrains primitifs, et y forme des masses considérables. Ainsi, comme *Dolomieu* l'observe (2), « le carbone ou principe » charbonneux existe dans la nature, indépendamment » des animaux et des végétaux, desquels on ne trouve » aucune trace dans le sol primitif. » Ajoutons que le soufre a aussi dû exister avant les corps organisés; puisqu'on en trouve dans les granites, comme *Delamétherie* l'observe (3). *Deluc* vient d'exprimer la même opinion par rapport à la terre calcaire primitive (4). On semble tous les jours plus disposé à admettre la préexistence formelle de tous les élémens qui entrent dans la composition du

Anthracite.

Sur le carbone en général.

(1) *Hericart de Thury*, cité par *Brongniart*, Tr. de minéral., II, 58.
(2) Journal des Mines, n° 29, pages 338 et 339.
(3) Théorie de la terre, II, p. 250. (4) Journal de physique, 1803.

globe, tandis qu'une mauvaise logique les voudrait représenter comme étant en totalité les résidus d'animaux ou de végétaux. Disons plutôt que le mouvement organique de la nature, dirigé en deux sens différens, a fait naître d'un côté les roches calcaires, les substances alkalino-terreuses, et les animaux; de l'autre, les substances quartzeuses et bitumineuses, et les végétaux, en mettant constamment en œuvre les mêmes élémens ou leurs produits, mais en passant toujours d'une organisation générale et imparfaite à une autre plus individuelle et plus parfaite, et en s'élevant de la roche au diamant, du molybdène à l'or, de la méduse au coquillage, et du polype à l'homme.

Les huiles élémentaires existaient sans doute aussi avant les végétaux. Le rôle qu'elles jouent dans la nature est digne de toute notre attention.

Bitume pétrole. Le *bitume*, à l'état de liquidité, porte communément le nom de *pétrole* lorsqu'il est d'une couleur brunâtre, et celui de *naphta* lorsqu'il est blanc et transparent. Il s'infiltre à travers les terres et les roches, qui en restent imprégnées. On en a des sources; celles de Baku, en Perse, sont célèbres. Il flotte quelquefois comme une huile sur la surface des eaux. On dit qu'il y a un lac de ce genre en Mésopotamie. Enfin, dans le duché de Parme, c'est avec des seaux qu'on le retire des puits creusés exprès dans la terre. La même substance, en se desséchant, passe à l'état de bitume glutineux, nommé aussi *malthe*, *poix minérale* ou *pissasphalte*, et à celui de bitume solide; dans ce dernier état, il est appelé *asphalte*, Asphalte. et donne son nom au lac Asphaltite dans la Palestine. Il paraît qu'une fermentation souterraine détache d'une couche de bitume solide, située sous le lac, ces croûtes d'asphalte qu'on voit nager à sa surface. Le bitume glutineux se trouve entre autres en France, dans l'Auvergne, à l'endroit nommé le *Puy de la Pége* (1), où il

(1) *Lémery*, Dictionn., p. 602. Le nom de la *Pége* vient sans doute du latin *pix*, *picis*, la poix.

recouvre la terre et s'attache aux pieds des voyageurs, qu'il gêne et retarde dans leur marche. En Perse, au Japon, et dans divers autres pays, on emploie le bitume liquide comme huile de lampes. Les Persans et les Turcs le mêlent à leur vernis pour lui donner de l'éclat. Les murs de Babylone étaient bâtis à l'aide d'un ciment dans lequel il entrait du bitume. *Rouille* a conclu de ses expériences sur les momies, que les Egyptiens employaient le bitume dans leurs embaumemens.

La *houille* ou le *charbon de terre* paraît être un bitume uni à une base terreuse. La plupart des naturalistes regardent la houille (et il faut en dire autant des autres substances bitumineuses) comme étant en grande partie un produit des règnes végétal et animal. Cette origine paraît d'abord indiquée par les nombreux débris de corps organisés, surtout d'animaux marins très-reconnaissables, qui se trouvent dans les mines de houille ; par des empreintes de différentes plantes, surtout de la famille des fougères, dans les argiles schisteuses qui forment le toit de ces mines ; enfin, par des bois encore en partie dans leur état ligneux, en partie bituminisés : de manière que l'on suit, pour ainsi dire, l'échelle de la génération des houilles de degré en degré. L'analyse chimique prouve que les houilles donnent les mêmes produits que les corps organisés, savoir : l'hydrogène, l'oxigène, le carbone, l'azote et un résidu terreux.

Houille ou charbon de terre.

La houille se trouve, en France et en Angleterre, le plus souvent sur les confins des terrains primitifs avec le sol secondaire ; d'où l'on a conclu que les bancs de cette substance étaient des *dépôts littoraux*, faits par l'ancienne mer le long des bords de l'ancienne terre ; les fleuves auraient charrié des arbres, des plantes, des cadavres d'animaux vers la mer, qui les aurait rejetés vers ses anciens bords et les aurait agglomérés en bancs et amas ; là, ils seraient entrés en décomposition et en combustion. Les mines de charbon doivent donc se trouver disposées autour des noyaux les plus élevés de la terre nouvelle ou

Gisement des houilles.

actuellement existante, lesquels ont été les îles de l'ancien Océan. Telle est, entre autres, la disposition des mines de houille autour des montagnes de Hartz, décrites par *Lehmann* (1). Mais la simplicité de cette théorie ne satisfait point aux circonstances compliquées qui accompagnent les gisemens des houilles. Les nombreuses couches de grès, de schiste et de chaux, qui ordinairement séparent celles de houille (2), nous démontrent que cette dernière substance a été formée à plusieurs reprises dans un fluide; et peut-être en partie à une époque où les végétaux et les animaux actuels n'existaient pas encore. Dans quelques endroits, selon *Delamétherie*, les lits intermédiaires qui séparent les couches de houille, conservent, ainsi que celles-ci, un parallélisme constant entre eux. Ce parallélisme est d'autant plus remarquable, qu'il y a des couches de houille qui ont à peine quelques lignes d'épaisseur, quoique souvent d'une étendue de plusieurs lieues. On en conclut, avec assez de probabilité, que ces couches ont dû se former dans des lacs intérieurs, et se cristalliser dans des eaux tranquilles (3). Cependant on observe d'autres couches de houille qui ont été bouleversées. Près de Valenciennes, des couches verticales, ou presque verticales, sont recouvertes par une superposition alternative des couches parallèles à l'horizon (4).

Parallélisme des couches de houille.

La grande étendue des couches de houille offre un autre sujet de méditation; elles semblent passer sous les bassins des mers actuelles.

Houilles sous-marines.

Dans l'île danoise, *Bornholm*, qui est composée de terrains calcaires et schisteux, de formation secondaire, on trouve une puissante couche de houille qui vient de la mer Baltique, passe sous l'île, et s'étend de nouveau *sous la mer* vers les côtes opposées de la Scanie, province de Suède. Cette couche, dont l'épaisseur n'est point con-

(1) *Des marets*, Nouv. Encyclopédie, *Géog. physique*, art. *Rouelle*.
(2) *Duhamel*, Extrait d'un mémoire, etc. Journal des Mines, VIII, 33.
(3) *Delamétherie*, Théorie de la terre, V, page 39.
(4) *Baillet*, inspecteur des mines, cité par *Haüy*, Minéral. III, 320.

nue, peut avoir 5 à 7 lieues en longueur, et plus d'une lieue en largeur (1). On pouvait conclure, d'après la direction apparente de la couche, qu'elle devait également s'étendre sous le terrain schisteux secondaire, qui, en Scanie, forme une bande de sud-est à nord-ouest, dans la même direction que la couche de houille sous-marine. En effet, on découvrit d'abord à *Andrarum* des schistes aluminifères; et on vient de retrouver à Hoganess, sur les bords du Sund, la couche de houille.

C'est enfin une chose très-remarquable que la houille, cette substance si facilement inflammable, se trouve recouverte par des matières qui, si elles ne sont pas un produit des volcans, semblent du moins devoir leur origine à une fusion provoquée par une forte action du calorique. L'exemple le plus frappant de ce gisement de la houille n'a pas encore été examiné avec le soin convenable. Les îles de *Féroër*, qui semblent n'être que des masses de basalte, qui s'élèvent à pic du sein de la mer et à une hauteur de 300 toises, contiennent une puissante mine de houille tirant sur la variété nommée *charbon sec*. Elle se trouve dans l'île de Suderoe; et d'après les descriptions, elle semble avoir à la fois pour toit, pour mur et support, des basaltes, des trapps, ou des pierres qui s'approchent de ces deux espèces (2). Houilles situées dans les basaltes.

Toutes les substances bitumineuses exercent singulièrement la sagacité des naturalistes qui, même en découvrant les élémens dont elles se composent, ne sauraient en expliquer l'origine. Le *jayet* se trouve si diversement décrit, qu'on ne saurait dire si c'est un bois fossile ou un asphalte durci. Le *bitume élastique* qui se trouve en Angleterre près Castleton, dans le Derbyshire, paraît, d'après les recherches de deux savans naturalistes (3), être une Jayet. Bitume élastique.

(1) *Mémoires de la Société d'économie rurale de Copenhague* (en dan.), I, p. 455-496. (2) Mémoires de la société d'histoire naturelle de Copenhague; *voyez* ci-après vol. V de cette Géographie, article *Féroër*.
(3) *Delamétherie*, Journal de physique, XXXI, p. 311; *Faujas Saint-Fond*, Annales du muséum d'histoire naturelle, I, 261 *sqq.*; *Mawe*, Minéralogie du Derbyshire, VIII, 80.

substance identique avec la *cahoutchou* ou gomme élastique, que fournissent certains arbres du Pérou ; ce cahoutchou fossile, transporté à une si grande distance des climats chauds, dans lesquels il a dû naître, semble donc fournir une nouvelle preuve des étonnantes révolutions qu'a dû subir notre globe. Toutefois, l'état de dureté dans lequel se trouvent certaines portions de ce bitume, en rend encore la nature incertaine.

Succin ou ambre jaune.

La plus célèbre de toutes les substances bitumineuses, est sans contredit le *succin* ou l'*ambre jaune*. Nous avons vu quel rôle les *îles au succin*, les *Electrides* jouaient dans l'histoire des anciennes traditions géographiques, et que l'on peut, avec une égale probabilité, chercher ce pays de l'ambre jaune dans les Asturies, où cette substance abonde dans des couches de houille (1) ; et dans la Prusse orientale, où la mer Baltique en rejette des morceaux sur le rivage, et où jadis les pêcheurs en retiraient une quantité dans leurs filets (2) ; tandis qu'aujourd'hui c'est l'exploitation régulière des collines de sables voisines de la mer qui en fournit la plus grande quantité. (3). On vient même de trouver, à douze milles d'Allemagne des bords de la mer, à Schleppacken, le plus grand morceau d'ambre jaune qui soit connu : il pèse 13 livres et demie ; on le conserve dans le Muséum royal de Berlin (4). Après la Prusse, c'est la Poméranie orientale qui fournit la plus grande quantité de succin ; on l'y exploite également par carrières (5). En général, toute la plaine qui borne au sud la mer Baltique, offre du suc-

(1) *D. Casal*, Histoire médicale des Asturies, dans les *Annales des Voyages*, VIII, 80.

(2) *Boet*. De lapid. et gemmis, l. II, p. 159. *Hartmann*, Succini Prussici historia physica, etc. ; Francfort, 1677, etc.

(3) *Hasse*, la Prusse, le pays d'ambre jaune et le paradis ; Kœnigsberg, 1799.

(4) *Kant*, Géographie-Physique, VII, 154 (supplément).

(5) *Brennus*, Journal littéraire de Berlin, janvier 1802, p. 13. Téor., p. 141. *Ruhs*, Mémoires de Poméranie, I, cah. IV, p. 399.

cin ordinairement dans les couches de sable et d'argile, quelquefois au milieu de la houille imparfaite (1); ces dépôts de succin s'étendent depuis la Livonie, et surtout depuis la Courlande, jusqu'aux côtes occidentales du Sleswick, où peut-être les Phéniciens achetaient cette substance jadis si recherchée (2).

Origine de l'ambre jaune.

Le gisement de l'ambre jaune; les qualités physiques et chimiques de cette substance qui paraissent la rapprocher des gommes résineuses; les insectes qui s'y trouvent renfermés comme dans une prison de cristal; tout, en un mot, semble nous conduire à regarder ce fossile comme un suc qui aurait coulé d'un arbre, et qui, enfoui dans la terre par l'effet de quelque bouleversement, se serait imprégné de vapeurs minérales, et aurait pris de la consistance (3).

Mais comme le copal, seule espèce de gomme connue qui ressemble au succin, nous est apporté de l'Afrique et des Indes orientales, il paraît que les forêts où naquit le succin, n'ont pu exister aux environs de la Baltique, qu'autant qu'il y régnait une température très-élevée. Ainsi ces petits cristaux fragiles qui, au premier abord, ne semblent qu'un frivole objet de curiosité, deviennent autant de monumens des bouleversemens qu'a éprouvés notre planète.

---

(1) *Seetzen*, Magasin minéralog. de M. *Hoff*, I. vol., 4e cahier, p. 406.

(2) *Heinze*, Nouveau magasin de Kiel, II, 337 *sqq.* (d'après les Mémoires de l'académie des sciences de Copenhague.

(3) *Fourcroy*, Élémens d'histoire naturelle et de chimie (édit. de 1789), III, 443.

LIVRE TRENTE-DEUXIEME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Des Substances simples qui composent la partie solide du Globe. Deuxième Section : *des Métaux.*

Vues générales sur les métaux.

Les seuls minéraux qui nous restent à considérer, sont les métaux, substances dont l'éclat, la grande pesanteur, la densité, la ductilité et la fusibilité frappent les minéralogistes et les cristallographes : substances qui, tantôt signes représentatifs des produits de l'industrie, tantôt instrumens utiles ou redoutables de nos arts et de nos passions, doivent être soigneusement remarquées dans la description des états politiques, mais qui intéressent particulièrement la géographie-physique par les rapports intimes qu'elles ont avec deux grandes forces de la nature, l'électricité et le magnétisme. La connaissance des faits n'est pas assez avancée pour qu'on puisse discuter avec fruit les audacieuses hypothèses de quelques naturalistes danois et allemands, qui prétendent deviner par analogie la théorie des phénomènes électriques et magnétiques observés dans les métaux, et qui même ont osé en conclure que le noyau solide du globe était une masse métallique, dont toutes les substances minérales quelconques ne seraient que des oxides (1). Cette théorie, encore remplie de lacunes, auxquelles on supplée par des analogies très-incertaines, acquiert à la vérité quelque intérêt en la rapprochant des nouvelles expériences du célèbre *Davy*, qui semblent annoncer la nature métallique d'une foule de substances en apparence terreuses et alcalines. Il faut attendre les progrès ultérieurs de ces intéressantes

(1) *Steffens*, Histoire intérieure de la nature. *Schelling*, Théorie de l'univers. *Id.*, Journal de physique spéculative, I, cah. 2. *Ritter*, le Siderisme, etc.

recherches, avant d'en faire des applications à la théorie de la terre. Mais tous les savans doivent s'accorder à considérer le gisement et la distribution des métaux comme un objet digne de toute notre attention et des recherches les plus soigneuses. La géographie-physique ne saurait se dispenser de porter ses regards sur cet objet; et si nous y donnons une certaine extension, nos lecteurs verront dans la suite qu'il en résulte des avantages, même pour l'étude de la géographie politique. Nous classerons les métaux d'après leur pesanteur spécifique.

Le *platine* est resté inconnu ou négligé jusqu'en 1735; don *Ulloa*, géomètre espagnol, qui accompagnait la Condamine et Bouguer dans leur voyage, pour mesurer un degré au Pérou, y ayant trouvé ce métal, annonça sa découverte dans la relation de son voyage. Le platine n'a été trouvé jusqu'ici que dans les mines d'or d'Amérique, particulièrement dans celles de Santa-Fé, près de Carthagène, en Castille d'or, et dans celles de Choco, au Pérou. On nous l'apporte en petits grains mêlés avec des paillettes d'or, du sable ferrugineux et quelques molécules de mercure. Celui qui a été apporté en Europe contient trois ou quatre minéraux étrangers (1). C'est le moins fusible de tous les métaux. Pour le fondre en lingots, on l'allie avec l'arsenic; cette substance rend le platine très-fusible, et on l'enlève ensuite par le grillage. Mais ce procédé expose l'artiste à des vapeurs dont le danger est malheureusement trop connu. C'est avec le platine qu'ont été fabriquées les règles employées pour mesurer la base de la chaîne des triangles, d'où l'on a déduit la valeur de l'arc du méridien qui traverse la France, et par suite la distance de l'équateur au pôle boréal. On avait choisi ce métal, parce qu'il est peu susceptible de se dilater ou de se contracter par les variations de la température. Sa dilatation, selon *Borda*, n'est que de $\frac{1}{115000}$ pour un degré du thermomètre centigrade, ou de $\frac{1}{92000}$

Le platine.

Qualité du platine.

(1) *Fourcroy* et *Vauquelin*, Annales du Muséum, t. III, p. 149; t. IV, p. 77 *sqq*.

pour un degré de Réaumur ; tandis qu'une verge de fer se dilate de $\frac{1}{91750}$ pour un degré centésimal, et de $\frac{1}{75000}$ pour un degré de Réaumur.

Or. Son gisement. *L'or* ne se trouve que dans son état natif, c'est-à-dire, presque pur. Il habite toutes sortes de terrains ; il se trouve en petites couches dans les montagnes primitives de gneiss et de schiste micacé, au pays de Salzbourg et dans la Carniole ; il occupe des filons dans les montagnes de siénite et de porphyre, près Kremnitz en Hongrie, dans des terrains secondaires de schiste argilo-quartzeux, ou même de grès, à Zalatna en Transylvanie, et dans un grès argileux, non loin d'Ekaterinbourg en Sibérie : ainsi, dit *Werner* (1), ce métal s'est formé dans des âges très-différens. Il est encore prouvé par les expériences de Sage, de Berthollet, de Rouelle, de Darcet et de Deyeux (2), qu'il existe des parcelles d'or dans les végétaux. Berthollet a retiré environ 2 grammes $\frac{14}{100}$ ou 40 grains $\frac{1}{10}$ d'or, de 489 hectogrammes ou un quintal de cendre. *Werner* assure qu'on a trouvé, à Zalatna, de l'or natif dans du bois à demi-pétrifié, ou plutôt, dit-il, dans du bois bitumineux (3).

Situation géographique de l'or. La mine d'or de Norwège est plus pauvre que celle de Suède ; toutes celles du Nord ensemble produisent à peine la vingtième partie de la quantité que fournit celle de Nagyag en Transylvanie, ou celle de Kremnitz en Hongrie : enfin, que sont toutes les mines d'or d'Europe, prises ensemble, en comparaison d'une seule mine du Pérou ou du Brésil ? En allant de *La Paz* vers Potosi et le Tucuman, on trouve toutes les couches de schiste argileux pénétrées de veines de quartz aurifère ; et la chute d'un pan de roche fait découvrir des monceaux d'or de 2 à 300 livres pesant (4). Les îles de Bornéo, de Célèbes et de Sumatra, situées sous l'équateur, renferment des

(1) *Werner*, Nouvelle théorie des filons, § 77. (2) *Chaptal*, Élémens de Chimie, tome III, page 401. (3) Théorie des filons, *loc. cit.*
(4) *Helm*, Journal d'un voyage de Buenos-Ayres à Lima (en all.).

mines d'or très-riches, quoique mal exploitées (1).

L'Europe a aussi des rivières qui charrient quelques paillettes d'or ; mais en Afrique, en fouillant le long des fleuves, on trouve presque partout des sables aurifères ; en Nigritie, on s'occupe régulièrement, tous les ans, de cette moisson, après avoir fini celle des blés. Près d'Akim, sur les côtes de Guinée, une seule personne peut en recueillir dix onces par jour. Cette abondance progressive d'un des métaux les plus pesans et les plus denses, à mesure qu'on s'approche de l'équateur, nous présente une question aussi intéressante que difficile à résoudre.

Sables aurifères.

Qualités de l'or.

Les qualités précieuses de l'or le rendent digne du rang que l'opinion lui assigne parmi les métaux. Moins brillant que le platine, il a une couleur plus agréable à l'œil. Aussi les poëtes n'ont-ils pas manqué de donner à Apollon des cheveux dorés ; à Jupiter, un trône d'or ; Vulcain prodigue l'or pour forger le bouclier d'Achille ; enfin, dans la forme d'adjectif, les mots *or* et *beauté* sont synonymes chez les Grecs. Docile entre les mains de l'art, par sa grande ductilité, l'or prend toutes les formes qu'on veut lui donner. L'orfévre, le joaillier, le brodeur, le doreur, l'emploient avec une égale facilité. Sa densité, suppléant en quelque sorte à sa rareté, permet de lui donner une étonnante extension en surface. Une quantité d'or du poids d'un grain (53 milligrammes), comprimée par le batteur d'or, se réduit en une feuille dont la surface renferme 50 pouces carrés ou 3 décimètres carrés $\frac{65}{100}$. L'extension dont l'or est susceptible, est environ seize fois plus grande dans le travail des fils d'argent doré. La ténacité de l'or est telle, dit *Haüy*, qu'un fil de ce métal, de 2 millimètres $\frac{7}{10}$ ou $\frac{1}{10}$ de pouce de diamètre, peut soutenir un poids de 244 kilogrammes $\frac{6}{10}$ ou 500 livres, sans se rompre. Comme l'or est fort tendre, on est obligé, dans les monnaies, de l'allier avec du cuivre ; cet alliage

(1) Mém. de la Société de Batavia, II, 166 ; IV, 589, etc.

donne à l'or une teinte rougeâtre. L'or acquiert l'électricité résineuse (1).

Argent. *L'argent* natif se trouve rarement pur dans le sein de la terre ; il est mêlé tantôt de cuivre et de fer, tantôt d'or, et encore plus souvent d'arsenic. La même province de l'Amérique méridionale, qui possède les mines d'or les plus riches, savoir le Pérou, renferme aussi de grands trésors d'argent. Les mines de *Potosi* ont donné, depuis 1545 jusqu'en 1648, environ 395,619,000 piastres ; mais elles s'épuisent. Dans l'Amérique septentrionale, le Mexique abonde en argent ; il en sort tous les ans pour la valeur de 22 millions de piastres (2). Dans l'ancien continent, l'argent est apparemment répandu partout ; mais les mines les plus connues aujourd'hui se trouvent presque toutes dans la zone tempérée du nord. Celles de Sibérie, de Saxe et du Hartz, sont à 50 degrés de latitude ; celle de Kongsberg en Norwége, à 60 degrés. Cependant, le produit de ces mines est bien peu de chose, si on le compare aux richesses minérales de l'Amérique, toutes renfermées entre les deux parallèles, distans de 30 degrés de l'équateur. On ignore si l'Afrique possède des mines d'argent comparables à celles du Nouveau-Monde.

Extension géographique de ce métal.

Son gisement. L'argent se trouve dans le quartz, la pierre calcaire, le *zinc sulfuré*, et quelquefois dans le pétrosilex (3) ; il ne se rencontre que rarement dans des roches granitiques ; et à Frankenberg, en Hesse, on trouve même des feuilles d'argent natif, adhérentes à des pétrifications (4). Ce métal existe en grains (quoique rarement), sous la forme capillaire, en lamelles minces, en ramifications, en cristaux octaèdres, et quelquefois en masses assez considérables ; on assure en avoir trouvé une à Schneeberg en Saxe, en 1478, qui a dû peser 400 quintaux ou 196 kilogrammes (5).

(1) *Haüy*, Annales du Muséum, III, 309 *sqq*.
(2) *Humboldt*, Essai politique sur la Nouvelle-Espagne.
(3) *Bergmann*, Géographie-Physique, I, 266.
(4) *Werner*, Nouvelle Théorie des filons, §§ 78 et 79.
(5) *Haüy*, Minéralogie, tome III, page 388, note 2.

Une autre masse, trouvée à Kongsberg, du poids de 560 marcs (environ 270 kilogrammes), est conservée dans le musée royal de Copenhague. *Bergmann* dit qu'on a trouvé dans les sables, sur les côtes du Pérou, des masses de 150 marcs d'argent entièrement pur.

L'argent est, après l'or et le platine, le plus inaltérable des métaux: seulement sa surface se noircit, dans les endroits où il s'élève des vapeurs sulfureuses et inflammables. Il est remarquable que l'argent, allié avec une portion considérable d'or ou de cuivre, conserve sa couleur blanche; tandis qu'une petite quantité d'argent ou de cuivre, mêlée à l'or, change sensiblement la couleur de ce dernier métal. Ce phénomène, commun à tous les métaux blancs, a fait penser à *Newton* « que les molécules des métaux blancs avaient beaucoup plus de surface que celles des métaux jaunes, et qu'en même tems elles étaient très-opaques; en sorte qu'elles recouvraient l'or et le cuivre sans permettre à la couleur de ces métaux de percer à travers la leur. Elles devaient d'une autre part être plus minces, parce que la lumière blanche qu'elles réfléchissaient répondait à un plus grand degré de ténuité que le jaune de l'or ou celui du cuivre (1). » D'après les expériences de *Brisson*, et les calculs de *Haüy* (2), la pesanteur spécifique d'un mélange d'or et de cuivre surpasse la somme des pesanteurs spécifiques de deux métaux séparés d'environ $\frac{1}{11}$. Au contraire, la pesanteur spécifique d'un mélange d'argent et de cuivre est moindre que la somme des pesanteurs spécifiques des deux métaux d'environ $\frac{1}{16}$. Une autre qualité physique de l'argent est encore plus digne de notre attention; c'est la faculté qu'a ce métal, dissous dans l'acide nitrique, de cristalliser sous une forme rapprochée de celle des végétaux, en produisant ce qu'on a nommé l'*arbre de Diane*. Il semblerait que les cristaux dont se compose cette espèce de végétation minérale peuvent être cou-

Qualité de l'argent.

(1) *Newton*, Optice lucis, lib. II, part. 3, proposit. 7.

(2) *Haüy*, Minéralogie, tome III, pages 380 et 390.



sidérés comme de petits bâtons magnétiques, dont les pôles, en s'attirant et en se repoussant mutuellement, déterminent la situation respective (1). L'argent, moins rare, a été adopté comme signe des valeurs, de préférence à l'or. La résistance qu'il oppose à l'action de l'air et de l'humidité, l'éclat de sa blancheur, sa souplesse entre les mains de l'art, le rendent propre à des usages multipliés, et trop connus pour qu'il soit besoin de les indiquer. L'*argent sulfuré*, ou combiné avec environ $\frac{1}{7}$ de soufre, porte communément le nom absurde de *mine d'argent vitreuse*, quoiqu'il n'ait pas même l'apparence extérieure du verre. L'*argent antimonial sulfuré* est vulgairement nommé *argent rouge*; et le beau rouge vif, qui en est la couleur essentielle, justifie ce nom. Les cristaux transparens de ce métal n'imitent pas mal le rubis; mais plus ils sont beaux, moins ils contiennent d'argent.

Argent sulfuré, etc.

Le *mercure natif* se trouve ordinairement en globules brillans et mobiles, disséminés dans les schistes argileux, comme à Ydria en Frioul; dans les marnes, les quartz, comme dans le ci-devant pays de Deux-Ponts; dans le calcaire primitif, comme à Almaden en Espagne. Ce métal exige si peu de chaleur pour entrer en fusion, que l'atmosphère en conserve presque toujours assez pour le maintenir à l'état fluide. Cependant le froid de la Sibérie et de la Russie septentrionale le fait quelquefois passer à l'état de solidité : ce qu'on a faussement regardé comme une *congélation*; alors il est presque aussi malléable que l'étain (2) : il se laisse étendre en lames très-minces (3). D'ailleurs, son oxide repasse à l'état métallique sans l'entremise d'aucune substance étrangère. Il a donc les qualités essentielles des métaux, et se rap-

Mercure.

Sa congélation.

(1) *Ritter*, Mémoires sur le galvanisme, I, cah. 2, p. 280.

(2) *Bergmann*, Géographie-Physique, I, 227. Comp. *Hachette* et *Hassenfratz*, dans le *Journal de l'Ecole Polytechnique*, 1er cahier, pag. 123 et suiv. (3) *Braun*, Comment. Petrop. novi, XI, p. 268; *Blagden*, Philosoph. transact., 1783, vol. LXXIII, p. 329.

proche même des métaux les plus parfaits. Le mercure s'amalgame avec presque toutes les substances métalliques, principalement avec l'or, l'argent, l'étain et le bismuth (1) ; c'est même cette propriété, jointe à la facilité avec laquelle il se vaporise, qui le fait employer dans la dorure et dans le traitement des mines d'or et d'argent. L'étamage des glaces se fait par un amalgame de mercure et d'étain. Les physiciens se servent du même amalgame pour enduire les frottoirs des machines électriques. L'efficacité des remèdes composés d'oxides de mercure n'est due qu'à la facilité avec laquelle ces oxides se réduisent, en abandonnant leur oxigène. Toutes ces qualités physiques et chimiques font pressentir quel rôle important le mercure a pu jouer dans la formation de notre terre, s'il y a existé en grande quantité. A présent on ne trouve ce métal qu'en très-petites portions et à de grandes distances ; il semble manquer aux pays voisins du pôle arctique ; toute la Sibérie n'en a offert que deux ou trois faibles indices (2). Le nouveau continent n'en est pas non plus abondamment pourvu. Situation géographique du mercure.

L'amalgame naturel du mercure et de l'argent est appelé *mercure argental*. Il faut encore remarquer le *mercure sulfuré*, très-connu sous le nom de *cinabre*, et qui se trouve quelquefois en filons réguliers. Cinabre.

Un métal ignoble réclame la place voisine de celle du mercure ; c'est le *plomb*, substance très-dense, mais qui manque éminemment d'éclat, de dureté, d'élasticité, et même de ductilité : aussi n'est-il pas d'un grand usage dans son état métallique ; on n'en fait que des tuyaux de conduits, des balles de fusil et autres ouvrages simples et grossiers ; mais les oxides du plomb servent dans plusieurs arts. C'est le plomb qui donne au verre un onctueux et une mollesse qui le rendent susceptible d'être facilement taillé et poli. C'est au plomb ou à son oxide Plomb.

---

(1) *Gellert*, Principes de chimie docimastique, 152 (en all.).
(2) *Georgi*, Description de la Russie, III, 406.

rouge, que le verre, dit *flint-glass*, doit les qualités qui le rendent si précieux pour la construction des objectifs des *lunettes achromatiques*, c'est-à-dire, de celles qui dépouillent les images de ces fausses couleurs dont elles paraissent bordées lorsqu'on les regarde à travers une lunette ordinaire. Les oxides du plomb garnissent de diverses couleurs la palette du peintre et la toilette des Laïs modernes.

Gisement du plomb.

Ce métal se trouve ordinairement minéralisé par le soufre, ou *sulfuré*; c'est le minerai que l'on appelle communément *galène*; il est presque toujours mêlé de fer, d'antimoine, et surtout d'argent. On ne l'exploite, la plupart du temps, que pour en retirer ce dernier métal. Werner indique dix-sept formations de galène d'un âge différent, dans toutes sortes de terrains, depuis le quartz jusqu'aux houillères (1). Il n'y a pas de minières plus répandues en Europe. On trouve de la galène argentifère jusque dans la Laponie danoise. Mais nulle part, dans le nord de l'Europe ou de l'Asie, le plomb ne se trouve en abondance; il ne commence à se montrer en grandes quantités que dans l'Allemagne et la France; on assure qu'il forme, dans l'intérieur de la Louisiane, de vastes couches à jour (2). Le plomb carbonaté, ou la mine de plomb blanche, accompagne assez souvent la galène; c'est un oxide minéralisé par l'acide carbonique. Le plomb molybdaté, ou l'oxide minéralisé par l'acide molybdique, se trouve à Bleyberg en Carinthie; il porte communément le nom de plomb jaune. Le plomb rouge de Berezof, en Sibérie, est minéralisé par l'acide chromatique. Il est encore douteux s'il existe du *plomb natif*.

Extension géographique.

Nickel.

Le *nickel* est un minéral peu ductile, de nul usage dans les arts, mais qui jouit des propriétés magnétiques (3). Il accompagne ordinairement le cobalt, substance éga-

(1) *Werner*, Théorie des filons, p. 156-161 (en all.).

(2) *Voyez* la Description de la Louisiane. (3) Expériences de *Biot*, cité dans le *Tableau des Espèces minéral.* de *Lucas*, p. 297. Comp. *Haüy*, Minéral., III, 512.

lement magnétique ; ces deux métaux, d'une nature assez voisine de celle du fer, et qui même sonvent en contiennent des particules, semblent se trouver le plus abondamment dans le nord.

Le *cuivre*, l'un des métaux les plus prodigués par la nature, paraît occuper deux grandes régions distinctes sur le globe. On sait qu'il abonde en Norwège, en Suède, en Hongrie, dans les monts Uralieus, dans toute la Sibérie, la Tartarie chinoise et le Japon ; il faut encore ajouter que plusieurs îles entre le Kamtchatka et l'Amérique offrent des masses de cuivre natif (1) ; qu'on eu trouve des couches immenses sur les bords de l'Ohio (2) ; eufin, qu'on en a eu des indices au Groenland et en Islande. Ce métal semble donc être commun à tous les pays sitnés daus une zoue d'euviron 45 degrés de latitude autour du pôle boréal. Mais il se retrouve d'un autre côté dans toute l'Afrique australe, depuis le Cougo (3) jusqu'au cap de Bonne-Espérance (4), et, selou Benionski, à Madagascar. L'extrémité méridionale de l'Amérique paraît aussi en recéler des mines cousidérables (5) ; et le Brésil en a offert un énorme bloc à l'état natif. Il semble donc que ce minéral est accumulé aux deux extrémités des deux grauds continens. Avouons toutefois que cet aperçu intéressant pourrait rencontrer des objections, tirées de l'existence des grandes mines de cuivre au pays de Maroc (6), dans l'île de Chypre et l'Arménie turqne, mines qui, en liant les deux régious qu'on vient d'indiquer, feraieut regarder le cuivre comme une substance commune à toutes les zones de notre planète.

Cuivre. Son extension géographique.

A l'égard du cuivre natif, tous les naturalistes distinguent deux formations différeutes : le cuivre de première

Gisement du cuivre.

---

(1) *Georgi*, Russie, 424. *Sauer*, etc. (2) *Michaux*, Voyages aux états de l'Ouest. (3) *Lopez*, Relazione di Congo, page 14 *Cavazzi*, trad. de Labat, I, 35. (4) *Sparmann*, Voyage, 596 (en all.). *Patterson*, *Barrow*, etc., etc. (5) *Vidaure*, Istoria geografica di Chili.

(6) *Hœst*, Notices de Maroc (trad. du dan. en all.), p. 310. *Chenier*, etc.

formation est en cristaux, en lames, en filamens, en grappes, qui ont pour gangue ordinairement le quartz ou le schiste, mais quelquefois le calcaire primitif, comme près d'Ekaterinbourg en Sibérie, et à Tunaberg en Suède. Le cuivre de cémentation est d'une formation plus récente; il provient du cuivre sulfaté (nommé communément vitriol), tenu en dissolution dans les eaux, où il s'est décomposé par l'intermède du fer; il forme des concrétions sur différentes gangues pierreuses, ou même sur des corps organiques. Les eaux chargées de particules de cuivre, sont appelées *eaux cémentatoires*. Parmi les minerais de cuivre, le plus commun est le pyrite de cuivre. Dans les mines de *Kopparberg* en Suède, de *Rœras* en Norwége, dans celles de Sibérie, et en général dans toutes les grandes exploitations de cuivre, on retire ce métal principalement des pyrites de couleur jaune ou irisée, dans lesquels il se trouve minéralisé par le fer et le soufre. Le cuivre gris contient de l'argent, de l'antimoine, du plomb, du soufre, etc. Le cuivre sulfuré, ou combiné principalement avec le soufre, a une apparence vitreuse. A l'état d'oxide, le cuivre prend diverses teintes, rouge, bleue ou verte; le cuivre carbonaté soyeux (le minerai satiné de *Bergmann*) offre la couleur verte de l'émeraude, relevée par un tissu satiné qui semble lui prêter une nouvelle grâce. Ce même cuivre, à l'état de concrétion, forme la substance nommée *malachite*, qui est susceptible d'un beau poli, et dont on fait des plaques, des tabatières et autres ouvrages; c'est, pour nous servir de l'heureuse expression de M. Haüy, l'albâtre des substances métalliques (1).

Eaux cémentatoires. Malachite.

Qualités du cuivre.

Comme la géographie politique s'occupe des fabriques qui ont pour objet les métaux, l'on nous pardonnera de rappeler en peu de mots les qualités éminemment utiles du cuivre. Ce minéral, beaucoup plus traitable que le fer, est en même tems plus durable que l'étain et le plomb. Sa

(1) *Haüy*, Minéralogie, III, 575.

ténacité est telle, qu'un fil de cuivre de 2,7 millimètres ou $\frac{1}{10}$ de pouce de diamètre peut soutenir, sans se rompre, un poids de 146 kilomètres 38, ou d'environ 299 livres 4 onces. Les bonnes qualités du cuivre sont balancées en partie par sa nature très-altérable. Exposé à l'air ou à l'humidité, il se couvre bientôt de cette rouille connue sous le nom de *vert-de-gris*, qui est un des poisons les plus actifs. Le cuivre fondu et épuré se nomme *cuivre de rosette*; il est moins dense ou plus poreux que le cuivre natif. Ce qu'on appelle *cuivre jaune* ou *laiton*, est un alliage de cuivre et de zinc, que l'on obtient en cémentant le cuivre avec la pierre calaminaire, et qui, moins sujet à la rouille, fournit à l'horlogerie, à la physique et à la géométrie, tant de pièces et d'instrumens d'un travail délicat, d'un usage général et d'une longue durée. Mais si l'on réunit directement les deux métaux par la fusion, l'alliage prend les noms de *similor*, de *tombac*, d'*or de Manheim*. Le rapport de la dilatation du laiton est de $\frac{1}{1000}$ pour chaque degré de Réaumur, et $\frac{1}{54000}$ pour chaque degré du thermomètre centigrade (1). La pesanteur spécifique du laiton est plus grande de $\frac{1}{10}$ environ, que la somme de deux pesanteurs spécifiques du cuivre et du zinc. Le *bronze* ou l'*airain* se fait en alliant avec le cuivre une certaine quantité d'étain; il est plus souple et plus sonore que le cuivre. C'est l'airain qui, sur les pas d'un conquérant, lance les foudres de la guerre sur des peuples paisibles; c'était dans l'airain que le génie des Grecs exprimait l'image auguste des Dieux, et les traits chéris des bienfaiteurs de la terre. Sans le cuivre et le fer, l'homme n'aurait pu ni atteindre au faîte de la civilisation, ni prêter au crime l'énergie des puissances infernales. Mais revenons à l'objet qui doit nous occuper. Bronze ou airain.

Le *cobalt*, qui partage avec le fer oxidulé la propriété magnétique dans un degré éminent, semble être de deux formations d'un âge différent. Le *cobalt blanc* de Werner Cobalt.

(1) *Borda*, cité par *Haüy*, *ibid.*, p. 526.

(ou *cobalt gris* de Haüy), se trouve fréquemment par filons dans les montagnes secondaires de la Hesse et de la Thuringe ; le *cobalt arsenical* de Haüy, que Werner appelle *cobalt éclatant*, n'habite que les terrains primitifs, et a pour gangue le quartz et le calcaire primitif. Ce minéral est employé pour faire un beau verre bleu, nommé *smalt*, que l'on pulvérise pour en faire une poudre bleue, connue sous le nom de *bleu de Saxe*.

Etain. *L'étain* a paru, à un savant minéralogiste (1), remonter à l'âge des formations les plus anciennes ; il ne l'a jamais trouvé dans des montagnes secondaires ; il existe cependant, ajoute-t-il, dans tous les porphyres. La distribution des mines d'étain sur la surface du globe nous paraît extrêmement remarquable par sa singularité. On trouve ce métal

Situation géographique. en Angleterre, au Cornouailles, en Saxe et en Bohême ; il manque à peu près au reste de l'Europe, disparaît absolument lorsqu'on pénètre dans l'intérieur de l'ancien continent, et ne reparaît que dans la presqu'île des Indes en-deçà du Gange (2), dans celle de Malaca, aux îles de Sumatra, de Banca et du Japon. L'Afrique et l'Amérique méridionale n'en ont offert que des dépôts très-pauvres. L'étain que les arts emploient pour l'étamage des glaces, pour la soudure, pour la fabrication d'ustensiles et la composition de la couleur écarlate, possède la propriété singulière de rendre plus durs et plus sonores les métaux

Qualités. auxquels on l'allie, quoiqu'il soit lui-même privé de ces deux qualités. En même temps, il enlève aux métaux d'une grande ductilité cette qualité, qu'il ne fait point diminuer dans les métaux moins ductiles (3).

Fer. Le *fer* est répandu avec profusion dans la nature ; il entre comme principe colorant ou combinant dans un grand nombre de substances minérales ; il n'est pas étranger ni aux végétaux dont il anime les couleurs, ni aux animaux sur lesquels il exerce une influence salutaire.

(1) *Werner*, Théorie des filons, ch. VII, § 76. (2) *Wahl*, Ostindien, II, 746 (en all.). (3) *Rinmann*, Histoire du fer, § 146, p. 493 (en all.). *Bergmann*, Opusc. phys., II, 471.

Comme substance isolée, il se trouve presque sur tout l'ancien continent; il est cependant plus commun, ou, si l'on veut, plus à découvert dans la zone tempérée boréale, surtout vers le nord. Quelle immense quantité de fer n'est pas contenue dans les seules montagnes de la Scandinavie! Le mont Taberg, au midi de la Suède, n'offre qu'une masse de minerai. Le nord de l'Asie abonde également en fer; nos relations imparfaites nous montrent le Canada et la partie septentrionale des États-Unis comme pourvus d'excellent fer, quoique le cuivre paraisse y prédominer. De même que le cuivre, le fer semble encore abonder dans l'Afrique méridionale (1). Aucune espèce de roche ou de terrain ne lui est étrangère; il se trouve dans le granite par parcelles, dans le schiste par filons, dans les grès par couches; il existe dans le limon et dans la tourbe. Extension géographique du fer.

Les grandes masses de fer natif, trouvées en Sibérie par Pallas (2), et en Amérique par Rubin de Cilis (3), ont été long-tems regardées par la plupart des naturalistes comme des produits de l'art ou des agens volcaniques. *Wallerius*, en disant qu'il se trouve du fer natif sur les bords du Sénégal, n'a fait que copier d'anciens voyageurs dont le récit manque de précision. Mais il est hors de doute que les substances trouvées à Kamsdorf en Saxe (4), et à Oulle dans le Dauphiné (5), soient réellement des productions naturelles: et pourquoi la nature ne saurait-elle pas nous présenter le fer dans son état pur, puisqu'elle nous l'offre même sous la forme d'un acier très-dur et très-compacte (6)? La mine de fer la plus ancienne est, selon Werner, celle de *fer magnétique*, que Haüy nomme *fer oxidulé*; c'est à une variété de cette mine qu'on a donné le nom d'*aimant*. Nous parlerons autre part des phénomènes que cette substance présente. La mine de fer *grise* ou *spéculaire* (le fer oligiste de Haüy) abonde en Fer natif. Aimant.

(1) *Cavazzi*, I, 83. *Thomann*, 113. (2) *Bergmann*, sciagraphia; édit. de *Delamétherie*, II, 153. *Romé de l'Isle*, cristallogr. III, 167.

(3) Annales de chimie, V, p. 149. (4) *Brochant*, Minéralogie, II, 217. (5) *Schreiber*, Journal de physique, XII, p. 3, *sqq*.

(6) *Godon Saint-Menin*, Journal de physique, LX, 340, *sqq*.

Suède, en Norwège, dans l'île d'Elbe, à Framont dans les Vosges; c'est, de toutes les mines de fer, la plus facile à traiter. La *mine de fer spathique* n'est qu'une chaux carbonatée, plus ou moins mélangée de fer; la chaux avec laquelle cette mine est combinée, en facilite la fusion; le fer qu'on en retire est d'excellente qualité, et il a une très-grande disposition à se convertir en acier, même dans la première fusion; c'est ce qui l'a fait appeler *mine d'acier* (1). Une espèce encore très-répandue et communément exploitée est celle du *fer oxidé*, qui comprend entre autres les *hématites*, les *ochres*, les *géodes martiales*, et surtout le fer en globules semblables à des pois ou des œufs. Le métal provenant de l'oxide de fer globuliforme contient quelquefois une certaine quantité d'acide phosphorique, qui le rend aigre et cassant; c'est ce qu'on appelle *fer cassant à froid*.

Fer sulfuré, pyrites ferrugineuses.

Le *fer sulfuré*, qu'on nomme communément *pyrite* martiale ou ferrugineuse, est une des substances les plus remarquables qui entrent dans la composition du globe. Elle a un domaine très-étendu; on la trouve dans le quartz, dans la marne, dans les schistes argileux qui recouvrent la houille, et dans les houilles mêmes. Dans les plus grandes profondeurs où l'homme ait pu pénétrer, dans les mines les plus considérables, on continue à observer la pyrite ferrugineuse, jusqu'à ce qu'on soit arrêté par l'abondance des eaux (2). Il y a des *pyrites aurifères* qui, bien que composées principalement de fer sulfuré décomposé, sont exploitées comme mines d'or et dans la vue d'en extraire ce dernier métal. Telles sont les mines d'or de Berezof en Sibérie, d'Adelfors en Suède, et autres. L'origine des hématites et ochres ferrugineuses est due, selon l'opinion de la plupart des naturalistes, à la décomposition du fer sulfuré, dont les eaux courantes auraient entraîné les débris : on les appelle à cause de cela *mines de transport*, pour les distinguer des autres mines qui semblent nées dans le gisement où on les trouve. Ces

(1) *Haüy*, II, 180 et suiv.; p. IV, 117 et 118.
(2) *Henkel*, Pyritologie, trad. franç., p. 97.

mines de transport sont donc d'une formation récente, relativement aux autres; et l'on peut même croire qu'il s'en forme tous les jours. Le *vitriol de fer* n'est autre chose que du *fer sulfaté*, qui provient généralement de la décomposition du fer sulfuré. Le fer sulfaté ou le vitriol est d'un grand usage dans la teinture; il sert pour principe de couleur noire, en faveur de la propriété qu'ont les astringens végétaux, entre autres la noix de galle, de précipiter ce fer sous la forme de particules noires d'une extrême ténuité. L'*émeril* est un fer oxidé, intimément uni à l'alumine et à la silice. Cette substance est précieuse pour les arts, à cause de sa grande dureté. En le broyant à l'aide des moulins d'acier, on le réduit en une poussière dont les grains rudes et acérés attaquent par le frottement tous les corps de la nature, excepté le diamant. Vitriol de fer. Emeril.

« Le fer, tel que la nature l'a produit (dit M. *Haüy*) (1), » est bien différent de celui dont l'aspect et l'usage nous » sont si familiers. Ce n'est presque partout qu'une masse » terreuse, une rouille sale et impure; et lors même que » le fer se présente dans sa mine avec l'éclat métallique, » il est encore éloigné d'avoir les qualités qu'exigent les » services multipliés qu'il nous rend. L'homme n'a guère » eu besoin que d'épurer l'or; il a fallu, pour ainsi dire, » qu'il créât le fer. » Ce métal est susceptible en général de trois états différens. Ce qu'on appelle *fer fondu* ou *fer de gueuse*, est le métal dépouillé, par une première fusion, d'une partie plus ou moins considérable de son oxigène, et qui s'est emparé d'une partie du charbon avec lequel il était en contact dans le fourneau de fonte. Le fer fondu n'est pas encore malléable; car le fer a cela de particulier, que, de ces deux qualités, la fusibilité et la ductilité sous le marteau, il ne peut posséder l'une qu'aux dépens de l'autre. Pour rendre le fer ductile, on le porte dans un nouveau fourneau, que l'on nomme *fourneau d'affinage* ou *affinerie*, et dont la température très-élevée détermine, Sur les préparations du fer.

(1) *Haüy*, Minéral., IV, 2.

par un nouveau jeu d'affinités, l'oxigène qui restait dans la fonte à se combiner avec le carbone, dont elle s'était emparée, pour former de l'acide carbonique qui se dégage. Le fer se trouve alors dans le plus grand état de pureté où l'art puisse l'amener. On l'expose ensuite à l'action d'un gros marteau, dont les coups redoublés, rapprochant les parties métalliques, les lient davantage entre elles, et rendent le fer ductile. On le nomme alors *fer forgé* ou *fer affiné*. Dans ce nouvel état, il n'est plus fusible, et le feu le plus violent de nos fourneaux peut au plus l'amollir et le convertir en une espèce de pâte. Le fer forgé, mis en contact avec des matières charbonneuses, et ramolli par l'action du feu, au point de pouvoir se pénétrer de ces matières, se convertit en *acier*. L'opération de la trempe, qu'on fait subir à l'acier, n'en change point la nature; elle fait seulement varier l'arrangement de ses parties; elle augmente à la fois sa dureté, sa fragilité, son volume, et lui donne un grain plus grossier que celui de l'acier non trempé (1).

Acier.

Ainsi, la différence entre le fer fondu, le fer forgé et l'acier, dépend de deux principes, savoir: l'oxigène et le carbone; leur réunion constitue le fer fondu; l'absence de l'un et de l'autre, du moins en quantité sensible, caractérise le fer forgé; dans l'acier, le carbone existe seul sans l'oxigène.

Qualité du fer.

Nous ne dirons rien sur l'usage du fer dans ses trois états; tout le monde le connaît assez. Observons seulement que la ténacité du fer est telle, que ce métal, réduit en un fil d'environ 27 millimètres ou $\frac{1}{10}$ de pouce d'épaisseur, soutient, sans se rompre, un poids de 210.3 kilogrammes, ou 450 livres. Le fer est très-oxidable, et il a encore une forte affinité élective avec le soufre. Uni à la silice et à l'alumine, il donne, aux roches qui en contiennent, une extrême dureté. Ainsi, nul métal ne se laisse plus facilement dissondre; nul métal ne forme un cément

(1) *Vandermonde*, *Monge* et *Berthollet*, Mémoires de l'académie des sciences, 1781.

plus inaltérable. Sa vertu magnétique se communique facilement aux autres métaux avec lesquels on le mélange; $\frac{4}{100}$ de fer rendent le cuivre magnétique; $\frac{5}{100}$ ont le même effet sur l'étain (1). Ces qualités physiques prouvent qu'il a dû jouer un grand rôle dans la formation des substances agrégées qui composent notre globe.

Le *zinc*, qui forme la nuance entre les métaux ductiles et ceux qui ne le sont pas, se trouve *oxidé*, et alors il est appelé communément *calamine*, ou pierre calaminaire : il y en a des mines en Alsace, en Normandie, près d'Aix-la-Chapelle, en Brisgaw, en Carinthie, dans le comté de Sommerset en Angleterre, et autre part. La calamine, selon Werner, n'habite point les terrains primitifs. Il se trouve encore plus souvent *sulfuré*, et alors le nom vulgaire de sa mine est *pseudo-galène* ou *blende*. Ce minerai est répandu en Suède, en Norwége, en Saxe, en Bohême, et on peut presque dire partout. Il accompagne ordinairement la galène, ou le plomb sulfuré; il est souvent mélangé avec du fer, de l'or, de l'argent. Le *zinc sulfaté*, qui est rarement un produit de la nature, s'appelle *vitriol blanc* ou *couperose blanche*. Le métal qu'on apporte de l'Inde, sous le nom de *toutenague*, est, selon Bergmann (2), du zinc parfaitement pur. Le zinc chauffé fortement et presque à blanc, par le contact de l'air, brûle avec une flamme d'une blancheur éblouissante, que rien n'égale, et dont la vue ne peut soutenir l'éclat (3). Ce caractère fait ressortir le zinc, non-seulement parmi les métaux, mais même parmi tous les minéraux combustibles.

Zinc. Calamine. Toutenague.

Le *bismuth*, très-fusible, sert à des alliages avec divers autres métaux; on ne le trouve, selon Werner, que dans les montagnes primitives; cependant, parmi ses gangues, on nomme le jaspe. Seul parmi les minéraux

Bismuth.

(1) *Rinmann*, Histoire du fer, I, p. 146 (en all.).
(2) *Bergmann*, Géographie-Physique, I, 233.
(3) *Macquer*, Dictionnaire de Chimie.



facilement oxidables, il se trouve plus souvent à l'état de métal natif, qu'à celui de minerai proprement dit (1).

Manganèse. Le *manganèse* accompagne très-souvent les mines de fer, surtout dans les montagnes secondaires : c'est un des principes colorans le plus répandus dans la nature : c'est lui qui donne aux cristaux de chaux fluatée, et à plusieurs schorls, leur couleur violette. Mêlé en petite quantité avec la matière du verre blanc, il a la propriété de l'éclaircir et d'en faire disparaître les fausses couleurs.

Antimoine. L'*antimoine*, jadis célèbre dans les laboratoires des alchimistes, qui espéraient trouver en lui la *pierre philosophale*, est aujourd'hui employé avec succès dans un grand nombre de remèdes, dans la fonte des caractères d'imprimerie, et dans un alliage avec l'étain, nommé *métal de prince*. Il se trouve natif dans le quartz et le calcaire primitif; *sulfuré* ou gris, dans les montagnes secondaires; il est souvent avec la galène. L'antimoine *capillaire* tient souvent de l'argent, et a été appelé mine d'*argent en plumes*. La cristallisation de la fonte d'antimoine présente une image des étoiles et du feuillage (2).

Schéelin. Le *schéelin* était jusqu'ici désigné par le nom suédois *tungstène*; c'est un minerai très-pesant, qu'on a retiré d'une substance ferrugineuse striée, connue sous le nom allemand de *wolfram*. Il se trouve principalement dans les montagnes primitives; il accompagne souvent l'étain.

Urane. L'*urane*, métal nouvellement découvert, comprend les espèces autrefois appelées *cuivre corné* et *blende de poix*. Il est, selon Werner, d'une formation ancienne.

Tellure. Au *tellure*, métal nouvellement observé, appartient entre autres la mine aurifère de Nagyag en Transylvanie, qui donne 45 à 170 onces d'argent au quintal, et 200 à 210 deniers d'or au marc. Le tellure a pour gangue le quartz et le manganèse; mais il est encore très-rare.

Molybdène. Le *molybdène* paraît être d'une formation ancienne; il

(1) *Brongniart*, II, 131. (2) *Haüy*, IV, 259.

se trouve par petites parcelles dans le granite, en plusieurs endroits de la Suède, de la Norwége, de la Saxe et de la Bohême (1).

Arsenic.

L'*arsenic*, dont le nom seul excite un mouvement d'effroi, ne se trouve pas souvent isolé; mais il fait les fonctions de minéralisateur auprès d'un très-grand nombre de métaux. Frotté ou chauffé, il décèle sa présence par l'odeur d'ail qu'il exhale. Dans son état métallique natif, il est d'une couleur gris d'acier. C'est l'*arsenic oxidé* sous la forme d'une chaux blanche qui constitue un des poisons les plus violens. Celui qui se trouve autour des volcans est minéralisé par le soufre.

Titane.

Le *titane*, métal nouvellement découvert, se trouve à l'état d'oxide rouge, sous la forme d'une pierre ferrifère, et uni à la silice et à la chaux : c'est, de tous les minéraux nouveaux, celui qui intéresse le plus la géographie-physique; il semble tenir la même place auprès du fer dans les montagnes primordiales, que le manganèse dans les montagnes secondaires. Tout le fer qui se trouve dans le *trapp* primitif de Norwége, surtout près d'Arendal, est plus ou moins uni au titane (2). Le *chrôme*, qui colore l'émeraude; le *tantale*, qui refuse de se dissoudre par les acides; le *cerium*, découvert, comme le précédent, par des savans suédois; le *columbium*, venu des Etats-Unis, et les trois ou quatre métaux qu'on prétend avoir trouvés dans le platine, n'ont pas encore acquis des droits à notre attention; seulement la multiplicité de ces substances, que la chimie a su démêler, doit nous inspirer une salutaire défiance contre les systèmes qui tendent à établir des analogies générales entre des êtres dont nous connaissons encore si imparfaitement la longue série.

Chrôme, tantale, cerium, etc.

(1) *Steffens*, l. c., 158. (2) *Ibid.*

LIVRE TRENTE-TROISIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Des Substances agrégées qui composent la partie solide du Globe. PREMIÈRE PARTIE : *des Roches et Terrains, et des Éjections volcaniques.*

Nous avons considéré les substances simples qui entrent dans la composition, et dans cette revue nous avons constamment cherché à ne point nous livrer à l'influence des systèmes qui prétendent déterminer l'âge et le mode de formation de ces substances : c'était facile ; nous n'avions qu'à suivre, quoique dans des vues très-différentes, les traces du créateur de la minéralogie moderne. Une route plus difficile s'ouvre devant nous ; il faut faire connaître les *masses* formées de l'association de plusieurs substances simples, et qui constituent les roches et les terrains, selon qu'ils se trouvent dans l'état de dureté ou de mollesse. Ici les guides les plus éclairés se partagent, et au lieu de nous montrer le chemin, le cherchent eux-mêmes au milieu de la confusion née de l'emploi des *termes généraux*, inventés avant qu'on n'eût des *idées générales* bien fixes et bien nettes.

Sur les classifications des roches.

Les classifications des roches, fondées sur les seuls caractères chimiques et géométriques des substances simples qui les composent, font perdre de vue la contexture et le gisement de ces masses, c'est-à-dire, les deux caractères sous lesquels la géographie-physique doit principalement les considérer. D'un autre côté, les classifications géologiques, plus conformes à ces deux points de vue, sont entachées d'une faute de logique, puisqu'on y admet des caractères tirés de l'*origine* des roches. C'est une véritable pétition de principes ; on suppose, pour faciliter la méthode, des faits dont la démonstration doit

être le terme de la science. Aussi, les diverses manières de voir ces faits ont donné naissance à autant de langages divers qu'il y a eu de célèbres géologues; le basalte, par exemple, rangé par les uns parmi les *trapps*, genre rapproché des roches primitives, est placé par les autres à la tête des *laves* ou matières rejetées par les volcans. Aujourd'hui surtout, que les observations de *Werner* et de *Cuvier*, comparées aux découvertes de *Davy* et aux expériences de *Hall*, font entrevoir de loin une théorie de la terre beaucoup plus scientifique et plus universelle que ne le sont les deux grossiers systèmes des neptunistes et des vulcanistes, il est indispensable de chercher, pour la description méthodique des substances agrégées, un principe indépendant des systèmes formés sur leur origine.

Principe de classification.

Ce principe semble se trouver dans la considération du *mode d'agrégation* de ces substances, pourvu qu'on se borne à former de grandes classes et qu'on n'exige pas, dans la méthode, des limites plus tranchées que celles qui existent dans la nature. On peut dire que la nature a posé de loin en loin des jalons qui servent à diriger notre pensée, mais que, dans les intervalles de ces jalons, elle a laissé à notre choix plusieurs routes également bonnes. D'après ce principe, nous croyons que la géographie-physique doit classer les substances agrégées de la manière suivante :

A. *Substances agrégées proprement dites* (réunies d'après des lois générales, chimiques ou physiques.)

1. *Roches cristallisées*, ou offrant une texture cristalline. (Granite, schiste primitif, porphyre calcaire primitif.)
2. *Roches conglobées*, ou offrant une réunion de fragmens de roches cristallines, conglutinés par un ciment cristallisé. (Poudingues primitifs, amygdaloïdes.)
3. *Roches stratifiées*, ou offrant une contexture semblable à celle d'un sédiment qui se serait déposé par assises. (Calcaire coquillier, grès, jaspe, etc.)

   N. B. Les substances stratifiées à l'état de mollesse s'appellent *terrains stratifiés*. (Argile, marne, etc.)
4. *Roches conglomérées*, ou offrant le mélange de fragmens de roches cristallines et stratifiées, réunis par un ciment stratifié. (Brèches et poudingues secondaires, etc.)
5. *Roches coagulées*, ou offrant l'aspect d'une matière *fondue* qui se serait coagulée ou figée. (Basaltes de Werner, laves compactes, laves lithoïdes, de Dolomieu, Haüy, Faujas, etc.)

B. *Substances associées* (réunies d'après des lois mécaniques ou d'après des lois chimiques ou physiques, spéciales et accidentelles.)

6. *Accumulations terrestres*, ou roches et terrains qui n'offrent qu'une association purement mécanique de parties accumulées les unes sur les autres. (Tuf calcaire, etc.; brèches réunies par un ciment de tuf, argile d'alluvion et de transport, tourbe, etc.)
7. *Éjections volcaniques*, ou matières qui sont rejetées par le feu volcanique à travers les ouvertures et crevasses de la surface solide du globe. (Laves vitreuses, cendres volcaniques, scories, pierres-ponces, etc.)
8. *Bolides*, ou masses tombées de l'atmosphère.

C. *Substances intercalées ou adventives* (étrangères aux agrégations et aux associations des substances minérales.

9. *Restes de corps organiques*, végétaux et animaux : (*a*) pétrifications; (*b*) empreintes; (*c*) débris à l'état naturel.

Parcourons rapidement le vaste laboratoire où la nature exécute ces merveilleuses combinaisons, dont nous venons d'indiquer les plus frappantes et les plus faciles à saisir.

Roches cristallisées.

Les roches cristallisées paraissent avoir été formées par la cristallisation simultanée de plusieurs substances simples à l'état de dissolution chimique, qui se sont réunies suivant leurs affinités pour former un tout homogène. Elles ont une contexture grenue qui se perd d'un côté dans la contexture pâteuse ou compacte, et de l'autre dans la contexture lamelleuse.

Granite.

Les roches qui occupent le sommet de l'échelle des cristallisations, sont incontestablement celles qui ont pour base le quartz, le mica et le feldspath, et pour lesquelles l'usage a consacré le nom de *granite*. Quelquefois une quatrième substance, l'*amphibole*, vient s'y mêler, ou même remplacer le mica ou le quartz ; on a même trouvé des granites mélangés d'un peu de chaux ; mais toujours ce sont des substances siliceuses, et spécialement le feldspath, qui dominent dans la composition. L'agréable variété de couleur dont brille le feldspath, l'éclat du mica, la blancheur du quartz, le sombre vert de l'amphibole, donnent souvent aux granites l'aspect le plus magnifique, surtout lorsque la polissure a développé leurs nuances naturelles : ainsi l'œil contemple avec ravissement le *granite-rose* d'Egypte, composé de feldspath et de mica (1) ; le *basalte antique* ou granite noir, dans lequel l'amphibole masque les lames transparentes du feldspath (2) ; le *granite orbiculaire* de Corn, formé par une cristallisation particulière qui a réuni dans une masse de feldspath blanc et d'amphibole d'un vert noirâtre, des boules distinctes de la même matière (3) ; enfin le *granite graphique* de Sibérie et d'Ecosse, dont les élémens, disposés en lignes bri-

Variétés du granite.

(1) *Dolomieu*, Journal de physique, ventose an 11, tome I, p. 196.
(2) *Id.*, *ibid.*, septembre 1792, p. 3.
(3) *Faujas Saint-Fond*, Essais de géologie, II, 182.

sées, retracent à l'imagination des caractères hébraïques ou runiques (1).

Le *granite* paraît être la roche la plus ancienne, et constituer la base des terrains primitifs. Peut-être forme-t-il une immense voûte autour du globe; c'est du moins partout le granite que l'on trouve au-dessous de tous les autres terrains; dans les plus hautes montagnes, dans les chaînes principales du globe, c'est lui qui en constitue et les fondemens et la masse. La cristallisation qui réunit les substances du granite, en rencontra quelquefois l'une ou l'autre en surabondance; elle en forma des

Roches quartzeuses.

roches *feldsphatiques*, *micacées*, *quartzeuses*. On les trouve rarement pures. Cependant, il paraît y avoir eu une formation toute particulière de *quartz* pur; on en voit des veines puissantes traverser les montagnes granitiques même; la grande muraille de quartz sur le mont Felsberg, près Manheim, a frappé d'étonnement les naturalistes (2). Mais à l'admiration de ces sortes de phénomènes succède l'esprit de disputes, de classifications et de nomenclatures; souvent, nous l'avouons franchement, il nous est impossible de démêler les faits au milieu des discussions géologiques auxquelles ils ont donné lieu.

La roche qui paraît se rapprocher le plus du granite, réunit à la structure grenue de celui-ci, un arrangement de parties qui lui donne l'aspect feuilleté; le quartz et le feldspath y sont en grains; mais le mica forme des bandes ou des couches très-minces, dans lesquelles les deux autres substances sont comme empâtées. C'est la

Gneiss, roche micacée.

roche micacée de Haüy, le *gneiss* de Werner et la roche feuilletée de Saussure (3). Mais souvent le talc, ou même l'argile, remplace le mica dans ces roches feuilletées, sujet d'éternels malentendus. Il y a des minéralogistes qui donnent au nom de *gneiss* une extension qui

(1) *Patrin*, Hist. nat. des minér., I, 101. *Faujas*, l. c.

(2) *Faujas*, ibid., p. 94. (3) *Saussure*, Voyages, §§ 1359, 1679, etc. *Haüy*, Minéralogie, IV, 432.

rend toute définition impossible. Les *schistes micacés* sont des roches en grandes feuilles, composées de quartz et de mica. Il paraît qu'ils s'éloignent par gradations imperceptibles de la contexture grenue des granites, et qu'ils deviennent de plus en plus mélangés d'alumine ou terre argileuse, terre qui semble faire disparaître l'aspect cristallin. Les *schistes argileux*, dans lesquels l'alumine ou la terre argileuse domine sur la silice, sont entièrement en grands feuillets : circonstance qui constitue ce qu'on appelle la *structure schisteuse*. Schistes micacés. Schistes argileux.

Ces transitions imperceptibles d'une sorte d'agrégation à l'autre, rendent toutes les classifications incertaines. Personne n'a encore bien déterminé les quatre ou cinq espèces de roches auxquelles on donne les noms de *schiste corné* et de *wake* (1); elles ne sont que des combinaisons de silice et d'alumine avec un peu de chaux et de fer. Schiste corné.

La contexture cornéenne ou qui rappelle celle d'une substance cornée, se trouve en partie dans certaines roches, composées pour ainsi dire d'une pâte dans laquelle sont noyées des masses d'une cristallisation plus parfaite. Ce sont les *porphyres*, roches qui bravent plus qu'aucun autre genre le zèle des classificateurs (2). Tantôt c'est la pâte qui n'est point homogène, tantôt ce sont les cristaux empâtés qui varient d'espèce. Les porphyres proprement dits sont des masses de feldspath empâté, coloré par un oxide métallique, et contenant des cristaux de la même espèce : tel est le superbe *porphyre rouge antique*, originaire d'Egypte, et dont on ne trouve en Europe que des variétés imparfaites ; tel est encore l'*ophite* ou le *porphyre serpentin antique*, quoique parsemé de lames d'amphiboles, substance qui abonde de plus en plus dans les porphyres noirs. Tous les porphyres propres, ordinairement voisins des granites, n'en diffèrent Porphyre.

(1) Comp. *Delamétherie*, Théorie de la terre, II, p. 337-380. *Werner*, cité par *Saussure*, Voyages, § 1304. (2) Comp. *Haüy*, IV, 435 ; *Faujas Saint-Fond*, Essai, II, 213 *sqq.* *Delamétherie*, II, 405, etc.

que par cette substance empâtée qui leur sert de base; mais ils diffèrent encore des *poudingues* ou roches conglobées, par la parfaite cristallisation de cette pâte ou ciment (1). On juge aisément de la difficulté de fixer les nuances innombrables de la cristallisation de ces roches; c'est ce qui a engagé les géologues à créer une classe de *roches porphyroïdes*. Le désordre, ou plutôt l'ordre bizarre d'après lequel les molécules de ces roches ont cristallisé, produisent quelquefois les jeux les plus brillans. Qui n'admirerait pas le *porphyre orbiculaire* de Corse (2) qui, étant poli, présente des cercles composés de petites feuilles jaunes-rougeâtres, arrangées en rayons autour d'un noyau rouge-brun, et qui offre l'image d'un fruit inconnu, coupé selon une ligne transversale?

Roches porphyroïdes.

Trapp.

Le *trapp*, (3) ou la roche trapéenne, se compose à peu près des mêmes substances que les porphyres; elles sont unies dans les mêmes proportions, seulement le fer y abonde davantage; mais leur arrangement en petits grains, unis quelquefois par un ciment, n'offre point la cristallisation éclatante des granites et des porphyres (4). Les roches trapéennes ont une tendance à se déliter et à se subdiviser en fragmens rhomboïdaux qui imitent les marches d'un escalier, ce qui lui donne souvent l'aspect des roches appelées *basaltes* par les modernes. Le célèbre Werner regarde même ces deux espèces de roches comme identiques, et les comprend sous le nom de *trapp primitif*; opinion qui ne semble aujourd'hui être admise que dans l'école de ce minéralogiste.

Pétrosilex, jade, etc.

Les roches de *pétrosilex* et de *jade*, ainsi que la roche composée d'amphibole et de mica, que Werner nomme *grunstein*, c'est-à-dire pierre verte, forment de petites espèces rapprochées des trapps et des porphyres par

(1) *Saussure*, Voyages, § 149 *sqq*. (2) *Faujas Saint-Fond*, Essais de géologie, II, 245, et planche XX *bis*. (3) Nom dérivé du suédois, *trapp*, escalier, échelon. *Saxum trapezium*, *Waller*, sp. 220.

(4) *Saussure*, Voyages, § 145.

leur gisement, quoique la roche amphibolique, entre autres, ait souvent la contexture cristalliue du granite.

Parmi les terres élémentaires, la calcaire et puis la magnésienne ont le moins contribué à former des roches cristallisées. Le *calcaire primitif*, ou celui dans lequel on ne trouve absolument aucune trace manifeste de débris d'animaux, n'est pas très-répandu; il se trouve rarement parmi les granites feuilletés et les schistes micacés; les bancs calcaires, dans les schistes argileux, ont déjà la contexture moins grenue, et offrent une cassure compacte ou lamelleuse (1). C'est parmi les roches stratifiées que la chaux se montre en abondance; elle est à la tête de ces agrégations, comme le granite l'est à celle des roches purement cristallisées. Calcaire primitif.

La terre magnésienne paraît dominer dans les roches *talqueuses*, soit compactes, soit schisteuses, dans les *serpentines*, les *pierres ollaires*, les *stéatites* ou pierres de lard, et quelques autres agrégations qui, à la vérité, reviennent souvent dans les montagnes primordiales, mais qui n'y forment, en général, que de petites masses subordonnées. Cependant, il y a des roches de serpentine qui s'élèvent à une très-grande hauteur (2). Ne pourrait-on pas croire que les molécules alcalines existantes dans le feldspath, un des élémens du granite, s'en soient séparées pour former une série de roches isolées ? Il est du moins bien remarquable que la terre magnésienne semble, pour ainsi dire, fermer la marche de la cristallisation pure, et disparaître avec les roches primordiales, pour ne plus se montrer, ni dans les montagnes stratifiées, ni dans les accumulations, enfin, nulle part, si ce n'est dans les eaux marines. Roches magnésiennes.

Nous avons dû arrêter quelque tems nos regards attentifs sur ces agrégations cristallines qui semblent avoir précédé la naissance de nos montagnes, dont elles for-

(1) *Werner*, cité par *Steffens*, l. c., 21.
(2) *Saussure*, Voyages, § 19. *Faujas*, Essais, II.

ment la partie la plus solide. Nous pouvons laisser aux naturalistes de profession le soin de classifier les innombrables modifications des substances agrégées que nous avons nommées *roches conglobées*. On conçoit que la croûte du globe, à peine consolidée au sein du chaos primitif, a dû aussitôt commencer à se dégrader. L'action des élémens divers, les alternatives probablement rapides d'une chaleur extrême et d'une gelée excessive ; enfin les effets du propre poids des masses nouvellement cristallisées, ont dû produire des ruptures, des chutes, et par conséquent des débris qui, en se réunissant par la cristallisation des matières fluides qui les entourent, ont donné naissance à quelques-unes des roches nommées *brèches* et *poudingues*. Ces roches diffèrent des porphyres en ce qu'elles sont composées de fragmens d'autres masses déjà cristallisées, tandis que le porphyre est formé de cristaux qui ont pris naissance au milieu du ciment qui les lie (1) ; aussi le ciment des porphyres ne devrait être désigné que sous le nom de *base*. Les roches conglobées diffèrent des grès en ce qu'elles renferment des grains plus gros, ou n'offrent point de couches régulières homogènes, ni de structure feuilletée. L'usage paraît avoir consacré le terme de *brèche*, emprunté des Italiens, pour les agrégations de fragmens de roche calcaire, tandis que celui de *poudingue*, qui nous vient des Anglais, et qu'on pourrait remplacer par le terme plus classique d'*allatoïdes* (2), paraît réservé pour les roches formées par la réunion d'un grand nombre de petits *silex* (3). Il vaudrait mieux appeler *brèches* les agrégations de fragmens anguleux, et *poudingues* celles des fragmens arrondis, et qui, probablement, ont été roulés par les eaux (4). L'étymologie même du terme italien *breccia*, emprunté aux Goths ou aux Lom-

Roches conglobées.

Brèches.

Poudingues.

(1) *Saussure*, Voyages, § 149. (2) Du mot grec *allas*, génitif *allatos*, poudingue. (3) *Saussure*, § 197. *Romé de l'Isle*, Cristallographie, II, 573.

(4) *Delamétherie*, Théorie, § 531. Comp. *Haüy*, IV, 463.

bards (1), indique une brisure violente. On conçoit que ces assemblages varient de mille manières, soit à l'égard de la nature des fragmens réunis, soit par rapport au ciment qui les lie; cependant, de toutes les substances qui servent à l'agglutination des fragmens des roches primitives, c'est le *quartz* ou la terre siliceuse qui abonde le plus et revient le plus souvent. Cet élément, qui semble né avec notre globe, est comme la source de toutes les formations cristallines.

Quelquefois les brèches, à leur tour, ont été réduites en fragmens qui, agglutinés par un nouveau ciment, ont produit des brèches sur-composées qu'on a nommées *doubles-brèches*.

Nous plaçons à côté des brèches, et parmi les roches conglobées, celles que les naturalistes ont nommées *amygdaloïdes*, c'est-à-dire, semblables à une pâte d'amande. Amygdaloïdes.
Les amygdaloïdes sont composées d'une pâte quelconque, dans laquelle se trouvent des nœuds ou des glandes de la même substance ou d'une autre; le tout est réuni par une cristallisation confuse; quelquefois les espaces, occupés par les nœuds, se trouvent vides, la substance qui se remplissait ayant été détruite par une cause inconnue; ce qui fait ressembler l'amygdaloïde à une lave poreuse. On voit qu'il doit être extrêmement difficile de distinguer les amygdaloïdes de certaines variétés de porphyre.

Sans nous engager dans les discussions auxquelles la formation des couches conglobées a donné lieu, passons à l'examen des *roches stratifiées*. Pour concevoir combien la limite entre les produits de la cristallisation pure et simple, et celle de la stratification, est vague, obscure et variable, qu'il nous soit permis d'avoir, pour un moment, recours à une hypothèse empruntée de la chimie. Roches stratifiées.

Les élémens dont se formèrent les roches étaient sans doute dans un état de fluidité; cette condition est né-

(1) Du verbe *brechen*, allem.; *brække*, dan., briser, rompre.

cessaire pour rendre possible l'agrégation de tant de substances diverses. Mais l'état de dissolution dans lequel se trouvaient ces substances, offrait deux modifications. La *dissolution chimique* diffère essentiellement de la *dissolution mécanique* : celle-ci existe, lorsque les molécules intégrantes d'un corps sont séparées l'une de l'autre, et suspendues dans un fluide ; en se déposant suivant leur pesanteur spécifique, elles forment un *sédiment ;* au contraire, par la dissolution chimique, les molécules intégrantes sont non-seulement séparées l'une de l'autre, mais combinées avec le dissolvant ; en se réunissant d'après un nouveau jeu d'affinités, indépendamment de leur pesanteur spécifique, elles donnent un *précipité.* Toute substance cristallisée est formée par dissolution chimique et par précipitation. Ce caractère appartient dans toute la force du terme aux roches primordiales ; mais nous avons vu comment la cristallisation perdait peu à peu sa simplicité, et pour ainsi dire son énergie primitive ; nous avons vu comment, à la texture cristalline, succèdent la structure feuilletée et la structure compacte, qui, en devenant de plus en plus grossières, semblent indiquer une échelle régulière de précipitations chimiques se rapprochant par degrés de la nature des sédimens mécaniques. Sans doute, le dissolvant, le vaste océan des *eaux-mères* diminua peu à peu ; les montagnes primordiales firent paraître leurs sommets ; la terre commença à sortir de l'état chaotique. Des êtres organisés existèrent ; ce furent des animaux marins. Les précipitations chimiques continuèrent, mais en même tems les premiers sédimens mécaniques commencèrent ; les deux précipités se mélangèrent, se troublèrent quelquefois. Ainsi naquirent les *terrains de transition* qu'on trouve sur les flancs des montagnes primordiales, ou adossés au pied de celles-ci, et dans lesquels on remarque les premiers débris d'animaux.

Sur la dissolution chimique et mécanique.

Terrains de transition.

Desséché de plus en plus, le globe, d'un chaos informe, était devenu une vaste mer, dans laquelle s'élevaient, de toutes parts, les montagnes primordiales,

flanquées de terrains de transition. C'est l'âge neptunien, le second âge géologique. Les sédimens des solutions mécaniques alternaient avec les précipitations chimiques ; peu à peu le dissolvant ayant perdu sa force primitive, l'action purement mécanique prit insensiblement le dessus sur l'action chimique. Cet âge neptunien donna naissance à des montagnes et des roches distinguées par leur *structure stratifiée*, ou, si l'on aime mieux, stratiforme. On doit entendre par *strate*, une couche de matière homogène. Ce terme, emprunté du latin, n'est donc pas précisément le synonyme de *couche* ni d'*assise;* il diffère encore plus de celui de *feuillets*, qu'on emploie en parlant de la contexture que la matière de certaines roches offre jusque dans ses plus petits fragmens. Structure stratifiée.

L'exposé hypothétique que nous venons de tracer, doit rendre sensibles les difficultés qu'ont rencontrées les géologues en voulant classer les roches stratifiées. Dans les *roches calcaires* surtout, la structure compacte et la stratification se confondent par d'innombrables nuances. Dans une seule et même roche, malgré une homogénéité parfaite, la partie supérieure renferme des pétrifications appartenantes à des animaux marins, tandis que les couches inférieures en sont absolument dépourvues. Mais parmi les roches décidément stratifiées, on doit placer à peu près tous les agrégats de chaux sulfatée avec la chaux carbonatée, connus sous le nom de *pierres à plâtre;* ensuite les *marbres secondaires*, qui doivent leur cassure terreuse à une forte quantité d'argile, et leurs couleurs, si agréablement variées, à la présence du fer oxidé ; le *marbre ruiniforme*, qui, selon Dolomieu, était une pierre calcaire argilifère, uniformément coloriée, dans laquelle le desséchement a produit des fissures, qui, remplies par une transsudation de la matière calcaire, ont formé ces dessins des ruines et des paysages qu'on y admire (1) ; enfin, le *marbre coquillier* ou *lumachelle*, com- Roches calcaires stratifiées. Marbres ruiniforme, coquillier, etc.

(1) *Dolomieu*, Journal de physique, octobre, 1793, p. 285 et suiv.

posé d'une infinité de coquilles unies par un ciment calcaire. La *pierre puante*, qui, en Norwége, forme à elle seule une petite île, n'est que de la chaux carbonatée, pénétrée d'un bitume.

Les substances calcaires abondent dans les terrains stratifiés. La grande capitale de la France, avec ses palais et ses temples, n'est bâtie qu'en calcaire coquillier, composé presque en totalité de deux espèces de coquillages : le *cérite* qui forme les bancs supérieurs, et le *miliolite* qui fourmille dans les couches plus profondes (1). Ces roches se placent elles-mêmes dans leur juste rang ; mais quel rang assigner au calcaire qui se présente sous la forme de *craie*, et qui occupe de vastes bandes sur le globe? Par sa pureté, c'est presque une substance simple, ne contenant que de la chaux, de l'acide carbonique et du phosphate ; par le petit nombre d'animaux marins qu'il renferme *immédiatement*, il se rapproche des terrains primitifs, desquels sa consistance terreuse, dénuée de la moindre apparence de cristallisation, semble l'éloigner ; enfin les couches de silex grossier, si fréquentes entre les bancs de craie, indiquent positivement qu'ils ont été formés par dépôts ; et ces couches renferment beaucoup d'animaux marins des espèces perdues (2). Il paraît que l'état crayeux du calcaire est dû à des causes particulières que la chimie devrait rechercher.

Sur la craie.

La terre alumineuse entre dans beaucoup de substances stratifiées. *L'argile*, qui occupe de grands espaces sur notre globe, est proprement un mélange de silice et d'alumine, modifié par la présence accidentelle de la magnésie, du fer et des autres substances. L'argile se trouve en *terreaux* et en *roches* ; il nous semble naturel de supposer en général que ces dernières se soient formées par le durcissement, ou, si l'on veut, par la cristallisation confuse des terres argileuses, mêlées quelquefois de grains

Argile.

(1) *Lamarck*, Mémoires sur les fossiles des environs de Paris, *Annal. du Muséum d'hist. natur.* (2) Comp. *Brongniart*, Traité de Minéralogie, I, 208-210.

de quartz. Mais il peut aussi y avoir des terres argileuses formées par la décomposition des roches : telle serait, selon Werner, l'origine de l'argile glaise, qu'il place parmi les terrains tertiaires ou d'alluvion. Toutes les argiles ont sans doute changé souvent de localité, leurs couches glissent facilement les unes sur les autres ; cependant leur gisement principal est dans les terrains secondaires : elles alternent avec les grès, le sable, le calcaire coquillier. L'argile lithomarge, distinguée par la finesse de son grain et par sa fusibilité en masse spongieuse, est la seule qui habite les fentes des rochers sur le terrain primitif. C'est de cette argile que plusieurs nations d'Amérique, d'Afrique et de Sibérie se servent pour apaiser leur faim, ou plutôt pour tromper un moment l'avidité de leurs organes de digestion (1). Parmi les autres espèces d'argile, on distingue, pour leur utilité, celles dont les potiers et les foulons font usage ; les divers bols et ocres argileuses ; l'ardoise, qu'on emploie avec tant d'avantage à couvrir les toits des maisons, et qui n'est qu'une argile durcie, en forme de schiste ou en feuillets. L'*ardoise*, qui se trouve par grands blocs, a le tissu tellement feuilleté, que l'ouvrier n'a besoin d'aucune attention pour saisir les joints de ses lames ; quelque part qu'il pose son ciseau, il est sûr de trouver un plan de division. Une qualité commune à toutes les argiles, est celle de fournir des réservoirs souterrains aux fontaines et sources ; les meilleures eaux se trouvent toujours dans les terrains argileux. Ardoise.

L'*argile fermentante* fait seule exception : comme elle est mêlée d'un sable quartzeux réduit en poudre fine, elle s'imbibe d'eau, se gonfle, et soulève avec force des maisons, des quartiers de roche, des champs entiers ; desséchée, elle fait redescendre tous ces objets à leur premier niveau. Ces ravages sont très-redoutés en Suède et en Russie, surtout lorsqu'en se gonflant l'argile se gèle en Argile fermentante.

(1) *Humboldt*, Tableaux de la nature, II, 191. *Georgi*, Description de la Russie, III, 202 *sqq*.

même temps (1). Ces bouleversemens, nés d'une cause en apparence si faible, nous présentent l'image des révolutions que de semblables fermentations ont pu faire naître à l'époque où les montagnes se formaient.

Marne. La *marne* est une argile unie à une quantité plus ou moins grande de calcaire, souvent avec du sable quartzeux, et quelquefois imprégnée de bitume au point de pouvoir s'enflammer (2).

Grès. Les substances siliceuses se sont aussi déposées par couches. Le *grès* se compose de petits grains de quartz agglutinés par un ciment argileux calcaire ou siliceux; c'est la plus commune de toutes les roches stratifiées. Il forme la transition ordinaire entre les montagnes primordiales et secondaires; dans ce gisement, il se trouve en des strates parallèles, et peu mélangé de substances hétérogènes; mais il se rencontre encore loin des montagnes primitives, et il paraît qu'il s'en est formé dans tous les temps. Il y a, ce nous semble, une gradation très-sensible dans les diverses formations des grès, depuis le *grès lustré*, qui touche de très-près au quartz primitif, jusqu'au *grès pulvisculaire*, où la structure grenue ne devient sensible qu'en l'exposant au feu.

Granite recomposé. Le *granite recomposé*, ou le *grès des houillères*, est un agrégat de petits débris de l'ancienne roche granitique, qui se sont liés par un ciment quelconque, et qui ont quelquefois imité la contexture de l'ancien granite avec une fidélité qui fait illusion même aux naturalistes. Mais comme les couches de ces granites secondaires alternent avec celles des houilles, il est évident qu'ils ont une origine beaucoup plus récente que les roches dont elles renfermaient les débris.

Nous sommes tentés de rapporter à cette époque les énormes blocs de granite friable dont les marais de Finlande sont couverts, et parmi lesquels on a choisi la roche qui sert de base à la statue de Pierre-le-Grand. Ce granite,

(1) *Haller*, Minéralog., I, p. 34. *Georgi*, Russie, III, 201.
(2) *Guldenstedt*, Voyage dans le Caucase.

nommé *rapakivi* en finnois, ne forme point de montagnes, ni de terrains contigus; il se décompose lentement (1). Rapakivi.

La formation des porphyres s'est continuée pendant la période de la stratification; elle a principalement produit les jaspes et les quartz-agates.

La décomposition des roches stratifiées et la réunion de leurs fragmens, ou de ceux même des roches plus anciennes, par un gluten stratifié, forme ce que nous appelons les *roches conglomérées*. Cette formation paraît s'étendre à travers des âges divers, et offrir une longue série de nuances qu'il est presque impossible de déterminer. Les *brèches* et *poudingues* de grès, de jaspe, de marbre coquillier et autres qui appartiennent à cette classe, se confondent souvent avec les brèches et poudingues composés de roches cristallisées. Les pays qui ont été le mieux examinés sous ce rapport, savoir la Thuringue et la Silésie, ne présentent d'autre règle constante que l'identité des fragmens conglomérés avec les roches soit cristallisées, soit stratifiées, qui les avoisinent. Le *rouge-mort* de Thuringue est une brèche feuilletée de quartz-arénacé, dans lequel on trouve du granite, du porphyre, des schistes, selon que les montagnes voisines en contiennent (2). En Silésie, le *conglomérat* accompagne les montagnes primordiales, disparaît où elles disparaissent, et ne renferme que des fragmens analogues aux roches qui les composent (3). Au pied du mont Altaï, en Sibérie, on trouve des montagnes entières de quartz et de jaspe en petits fragmens conglomérés par un ciment tantôt quartzeux, tantôt argileux (4). Au Chili, des masses énormes de galets réunis par une argile noire, s'appuient aux Cordillières les plus élevées (5). Comment suivre les

Roches conglomérées.

Divers gisemens de ces roches.

(1) *Bergmann*, Géograph.-Physique, I, 214. Comp. *Patrin*, Dictionnaire d'histoire naturelle, de Déterville, X, 81, au mot *granit d'Ingrie*.

(2) *Heim*, Correspondance de Zach, VI, 535. (3) *Léopold Buch*, Description géognostique de Landeck, p. 19. *Id.*, Observations géognostiques, vol. I, *passim*. (4) *Schangin*, dans le Journal des Mineurs (*Bergmannisches journal*), 1791. Vol. I, p. 83, 89.

(5) *Molina*, Histoire naturelle du Chili, p. 83 (trad. all.).

innombrables formations qui ont produit successivement ces couches de débris répandues sur toute la surface du globe ?

Roches coagulées. Basaltes.

Nous n'avons pu comprendre dans aucune des classes précédentes, une espèce de roche qui est évidemment formée par une opération différente en même temps de la cristallisation et de la stratification. On devine qu'il est question du fameux *basalte*, l'objet de tant de discussions entre les géologues, et qui les a fait diviser, pour ainsi dire, en deux églises aussi attachées à leurs dogmes que le furent jamais les sectes religieuses.

Nature chimique du basalte.

Ces roches, compactes ou poreuses, affectant les formes prismatiques ou globuleuses, ou sans forme précise, noires, brunes, grises, bleuâtres, se rapprochent, pour leur contexture, des roches cornéennes et de celles que Werner appelle *trapps primitifs*. Les principaux élémens chimiques du basalte paraissent être du silice et du fer : ce sont également ceux du trapp ; mais, soumis à une forte chaleur, le trapp donne un verre transparent verdâtre, tandis que celui du basalte est noir et opaque. D'ailleurs le basalte enveloppe des cristaux de péridote qu'on ne trouve point dans les trapps (1). Le caractère le plus frappant des roches basaltiques, c'est leur configuration.

Configuration.

Rien, en ce genre, n'est plus célèbre que ces colonnes prismatiques, d'une hauteur et épaisseur immenses, dont la *grotte de Fingal*, dans l'île de *Staffa*, est composée. On n'admire pas moins, sur les côtes d'Irlande, un autre amas de pierres basaltiques placées horizontalement, et qui forment, par leur ensemble, ce qu'on a nommé la *Chaussée des Géans*. Dans l'Islande, on en voit des amas moins considérables, que l'on nomme, dans le pays, *murs du diable*. On a remarqué, surtout dans la grotte de Fingal, que les pans de chacun des prismes, quoique inégaux entre eux, étaient égaux aux pans correspon-

(1) *Faujas Saint-Fond*, Essai de géologie, II, 269.

dans des prismes adjacens ; que les inégalités qui étaient en relief sur les pans de l'un des prismes, se trouvaient vis-à-vis des dépressions ou des petites concavités, dans les pans du prisme voisin, comme si l'un s'était moulé dans l'autre ; enfin, on a observé que, dans l'île de Staffa, où les prismes s'élèvent l'un sur l'autre, comme les assises d'une colonne, la base convexe de l'un s'emboîte dans le sommet concave de l'autre, en sorte que les colonnes étaient comme articulées. Même, lorsque les roches basaltiques se présentent sous une structure moins régulière, leur gisement seul suffirait pour attirer sur elles toute l'attention du naturaliste. Ces masses qui recouvrent indistinctement le granite, le gneiss, les schistes primitifs et secondaires ; ces sommets qui, tantôt coniques, tantôt pyramidaux, s'élèvent isolément au-dessus des terrains d'une nature très-différente ; les liens qui unissent les basaltes à diverses roches cristallisées ; le passage successif des schistes argilo-siliceux au basalte, et de celui-ci à l'espèce de roche amphibolique nommée *grunstein ;* enfin, dans plusieurs endroits, la décomposition du basalte, formant des terres fertiles : voilà des faits qui, depuis bien des années, exercent la sagacité de tous les géologues. Gisement du basalte.

Le parti des *volcanistes*, avec Desmarets, Faujas Saint-Fond et Dolomieu à leur tête, regarde les basaltes comme des laves fondues par la chaleur des volcans, et qui, en se refroidissant lentement, ont pris, par retrait, les formes prismatiques qui les distinguent (1). Mais de grandes difficultés s'opposent à cette explication. On demande aux volcanistes : Pourquoi ces prétendues laves ont-elles un aspect semblable à des roches, dont la formation aquatique est généralement avouée ? pourquoi n'offrent-elles aucune trace ni de vitrification, ni de boursouflement ? pourquoi enveloppent-elles des cristaux intacts et d'autres substances Sur l'origine volcanique des basaltes.

(1) *Dolomieu*, Mémoires sur les îles Ponces, p. 100 *sqq. Desmarets*, Mémoires de l'acad. des sciences, 1771, p. 273. *Faujas Saint-Fond*, Histoire naturelle des laves prismatiques, etc.

qui auraient dû entrer en fusion ? *Dolomieu* répond, que la chaleur qui fondit ces laves basaltiques avait peu d'intensité ; que la fusion de ces matières n'était qu'une simple dilatation, qui, en séparant les molécules, leur permit seulement de glisser l'une sur l'autre, sans changer en rien leur nature ; il s'appuie de ses propres observations, selon lesquelles les laves ordinaires, même en coulant, ont la croûte supérieure assez solide et assez refroidie pour qu'on puisse marcher dessus (1).

Faits contraires à l'origine volcanique.

Néanmoins, une foule d'autres faits ne semblent laisser aucun subterfuge aux volcanistes. D'abord les cônes basaltiques, superposés à toutes sortes de roches anciennes et secondaires, formant souvent les sommets les plus élevés des chaînes de montagnes, offrent, par leur gisement, par leur structure entière, par l'absence des cratères, des caractères très-contraires à ceux des laves et des accumulations volcaniques. Le basalte se décompose journellement ; ce qui n'arrive à aucune espèce de laves. Dans le Ringuerike, en Norwège, le terrain paraît n'être presque partout qu'un basalte qui s'est décomposé. Près de *Christiania* on jette de petits fragmens de cette roche sur les champs, dans la persuasion qu'il s'en forme une terre propre à la culture (2). Si l'on examine la contexture de ces roches, elle se rapproche sensiblement de celle des porphyres schisteux et des *grunstein*. Sur le Meisner en Hesse, on a observé, avec beaucoup d'attention, le passage du basalte au *grunstein* (3). Le troisième fait, qui s'oppose à l'origine volcanique des basaltes, est leur position relativement aux dépôts des houilles. Non-seulement en Hesse les basaltes recouvrent une immense couche de houilles, mais dans l'île Suderoe (une des îles du Féroër) on voit une mine de houille au milieu des basaltes (4). Il est évident que ces amas

(1) *Dolomieu*, Journal de physique, fructidor an II, p. 408. *Ibid.*, pluviose, même année, p. 118. (2) *Strom*, Description du canton d'Eger, p. 47 *sqq.* (en dan.). (3) *Daubuisson*, Traduction de la *Théorie des filons*, p. 94, note 2. (4) Mém. de la société d'histoire naturelle de Copenhague. Voyez ci-après la description des *îles Féroër*.

de houilles auraient dû changer considérablement de nature, si des laves en fusion avaient coulé autour d'eux.

Origine neptunienne des basaltes.

L'origine neptunienne des basaltes paraît donc avoir gagné beaucoup de probabilité. *Bergmann*, qui le premier a prouvé, par l'analyse, l'identité du trapp et du basalte, se contente de supposer « que la matière du basalte, pénétrée et ramollie par des vapeurs humides, » s'était convertie en une masse pâteuse et liquide; que » cette masse avait pris ensuite, à l'aide du desséchement, » une retraite qui, ne pouvant se faire également dans » ses diverses parties, y avait formé des ruptures, et » qu'elle s'était ainsi subdivisée, avec *une sorte de régularité*, en prismes de différentes espèces (1). »

Hypothèse de Werner.

Un célèbre minéralogiste, Werner, en considérant la nature singulière des roches basaltiques, et surtout le gisement de celles de Saxe et de Bohême, a cru entrevoir que la formation de ces substances constituait une époque absolument distincte, et exigeait des causes tout-à-fait différentes de celles qui ont produit les genres ordinaires de terrains et de roches. Ce savant croit qu'une dissolution mécanico-chimique, d'une nature particulière, est venue couvrir le globe indistinctement : cette dissolution donna des précipités analogues à sa nature; d'abord des graviers, des argiles, sédimens purement mécaniques; bientôt, après ceux-ci, vinrent les schistes argilo-siliceux, nommés *wakes*, qui déjà offrent un commencement de cristallisation confuse; ensuite parurent les *basaltes*. La masse de ceux-ci s'étant déposée sur presque toute la surface du globe, la dissolution parvint à un état purement chimique, et ne donna plus que des précipités cristallisés, tels que les porphyres schisteux, les roches dites *grunstein* (2).

De cette hypothèse de Werner, il résulterait une possibilité d'expliquer pourquoi l'on trouve des cônes basal-

(1) *Bergmann*, de Productis vulcaniis.

(2) *Werner*, Classification des roches, etc., etc. *Daubuisson*, Journal des mines, *passim*.

tiques isolés qui s'élèvent au milieu d'un terrain différent d'eux par sa nature ; car on peut concevoir que les parties les moins cristallisées de la dissolution basaltique, les parties mêlées d'argile et de gravier, après avoir été déposées et desséchées, sont entrées en décomposition, et ont été entraînées, avec d'autres terrains, par des courans d'eau, loin des flancs des montagnes qui en étaient recouverts. En quelques endroits, cette masse de basalte, décomposée, s'est étendue plus tranquillement sur des terrains considérables. Les amas de basalte qui ne sont point décomposés, ont en même temps préservé les terrains qu'ils recouvraient de cette dégradation lente, à l'action de laquelle presque toutes les roches anciennes sont soumises. Ainsi, c'est par une suite de l'enlèvement et de la disparition des couches basaltiques inférieures, que ces cônes isolés ont acquis leur forme particulière et cette position unique, cet aspect qui étonne l'œil de l'observateur.

Sur la coagulation des basaltes.

Cette hypothèse de Werner, que des observations plus multipliées feront adopter ou rejeter, n'explique au fond que le gisement des basaltes, et non point leur origine ; on peut, en admettant l'hypothèse de Werner, attribuer la naissance de la dissolution des matières constituantes du basalte à telle cause qu'on voudra ; il est même très-probable que le calorique y a joué le principal rôle, en faisant entrer en fermentation et en fusion pâteuse les substances probablement cristallisées qui fournirent les matériaux de cette dissolution ; mais cette fermentation et cette fusion, qui ont été suivies d'une nouvelle coagulation des molécules et de leur retrait en formes prismatiques, n'appartiennent en aucune manière au système des phénomènes dus à l'action des volcans actuellement brûlans, ou d'autres volcans anciens semblables, quelque puissans qu'on les suppose. Le magnétisme polaire, que Haüy a observé dans les basaltes (1), semble indiquer que ces roches étaient originairement

(1) Traité de minéralogie, IV, 485.

des *trapps* dans lesquels une lente et tranquille dilatation des molécules a développé le fluide magnétique. Il est à désirer qu'on observe la direction des colonnades basaltiques et la position de chaque prisme par rapport à l'équateur et aux pôles magnétiques.

Circonscrits par les bornes de notre ouvrage, nous abandonnons cette importante discussion sur les roches coagulées, pour passer à la considération des masses formées par *accumulation*. C'est une partie du globe que nous voyons, pour ainsi dire, sous nos yeux. Terrains d'accumulation.

Les *sablons*, les *graviers*, quelques argiles de transport, c'est-à-dire qui, en glissant ou roulant, ont changé de gîte, et parmi lesquels Werner place l'argile glaise ou terre à potier; les *tufs* ou substances pierreuses formées par incrustation, comme les stalactites des cavernes, et le *sinter* ou dépôts pierreux des eaux courantes; les *brèches* dites *tertiaires*, c'est-à-dire, des fragmens de roches plus anciennes, unis par un ciment de tuf; la *mine de fer marécageuse*, quoique formée par précipitation chimique; quelques terres bitumineuses et alumineuses; la terre végétale et le *limon* des marais; la *tourbe*, composée de débris végétaux plus récemment ensevelis, moins décomposés, moins pénétrés de bitume que les houilles; les *bois bitumineux fossiles*, substance qui paraît être une houille commencée, et qui même, en quelques endroits, se rapproche du véritable charbon de terre : voilà les parties qui constituent ordinairement les *terrains d'accumulation*. Nous en ferons connaître la diverse origine, en traçant ci-après l'histoire des changemens arrivés à la surface du globe.

Les matières rejetées par les volcans forment la septième classe de masses solides que nous avons à considérer.

Parmi les *produits volcaniques*, il y en a qui ont Produits volcaniques ont éprouvé la fluidité ignée; on les appelle *laves*, dans le sens propre du mot. Nous venons de voir que c'est parmi ces substances que plusieurs minéralogistes français ran-

gent les *basaltes*, que d'autres naturalistes regardent comme ayant été formés par la voie humide. Nous avons regardé ces roches comme le produit d'une formation antérieure en même tems aux mers et aux volcans actuels, et nous aurions cru agir arbitrairement en plaçant, parmi les matières rejetées par les volcans, une substance qui ne forme nulle part des coulées de laves bien évidentes. Il est vrai cependant que plusieurs laves véritables ont pour base du pétrosilex, du feldspath, du grenat, ou plutôt de l'amphigène (1), et autres substances pierreuses qui ont conservé leur aspect de pierre, et qui même renferment des cristaux intacts; mais ces laves ne prennent jamais la configuration régulière des basaltes (2). D'autres laves ont été vitrifiées, comme l'*obsidienne* ou l'*agate d'Islande*, qui a tout-à-fait l'aspect du verre. Le verre volcanique a souvent un aspect émaillé ou perlé; on en trouve en forme capillaire.

Laves lithoïdes, vitrifiées, etc.

Pierre-ponce.

La *pierre-ponce*, ou *lave pumicée*, est un des produits volcaniques les plus connus. Dolomieu la regarde comme originaire des roches feuilletées graniteuses et micacées, ou même des granites proprement dits : « Les substances » composantes de ces roches ont la faculté de se servir » mutuellement de fondans, et ont ainsi pu subir, par » l'action du feu, une demi-vitrification, qui peut être » comparée à une fritte un peu boursouflée » (3). Cette opinion paraît vraie pour certaines espèces de pierre-ponce; mais il y en a d'autres qui proviennent des roches magnésiennes, et notamment des asbestes ou amiantes décomposées (4).

Scories.

Les *scories*, matières fortement vitrifiées, nagent quelquefois sur les torrens des laves; quelquefois elles sont lancées, comme une grêle, autour du volcan. Les *sables*

(1) *Haüy*, Minéralog., IV, 493. *Dolomieu*, Journal de physique, pluviose an II, p. 105. (2) Comp. *Faujas Saint-Fond*, Géologie, II, partie 2. (3) *Dolomieu*, Voyage aux îles Lipari, p. 6.

(4) *Bergmann*, de Productis vulcaniis. *Spallanzani*, OEuvres, II, 225, trad. de Senebier.

volcaniques paraissent être produits par le dernier degré de scorification des laves, ou par la décomposition des scories, lorsque celles-ci ont été lancées.

Les *pouzzolanes* n'ont point éprouvé, comme les laves, la fluidité ignée ; ce sont des matières plus argileuses que celles qui ont formé les laves : le soufre a moins de prise sur elles ; ce qui leur a permis de résister à l'action du feu, qui, au lieu de les scorifier, les a seulement calcinées et cuites. Plus pesantes que les scories, elles tombent près du centre de la moutagne volcanique. Unies à la chaux, elles donnent un ciment de la plus grande solidité. Les Romains s'en servaient de préférence dans la construction de leurs aqueducs. Pouzzolanes.

Les *cendres volcaniques* sortent des cratères au milieu d'une colonne de fumée, et sont ensuite transportées par les vents à de grandes distances : celles d'Etna arrivent à Malte, et, dit-on, même en Afrique. Lorsque ces cendres sont encore suspendues dans l'atmosphère, et que les vapeurs qui s'y trouvent en même tems dissoutes se condensent, il se forme, par le mélange des unes et des autres, de ces pluies terreuses qui tombent quelquefois à une assez grande distance des volcans. Ces cendres, à cause de leur extrême finesse, s'introduisent partout, jusque dans les armoires, où elles se mêlent aux alimens ; mais cet inconvénient est compensé par l'avantage qu'elles ont de fertiliser les terrains ravagés par les torrens enflammés (1). Cendres volcaniques.

La chaleur des volcans produit, par sublimation, différentes substances, telles que du soufre, de l'ammoniaque muriatée, de l'arsenic sulfuré et du fer.

Le *tuf* volcanique est une matière produite par l'agglutination des cendres volcaniques ou des fragmens de scories. Les éruptions boueuses qui ont lieu dans certains volcans peuvent être considérées comme la principale cause de la formation des tufs volcaniques ; des masses d'argile ou de boue liquide, en coulant sur des cendres Tuf volcanique.

(1) *Dolomieu*, Mém. sur les îles Ponces, p. 336 *sqq*.

rejetées par les volcans, s'incorporent avec elles (1). D'autres fois les matières volcaniques, en coulant dans la mer, peuvent y être agglutinées par un ciment lapidifique tenu en dissolution par les eaux marines (2).

Nous n'entrerons point dans une indication détaillée des substances contenues dans les laves, et dont l'origine embarrasse encore les naturalistes; mais nous devons dire quelques mots sur les *laves altérées* ou décomposées. C'est une question importante, mais obscure, si les laves, par l'action de l'air et de l'eau, se réduisent en terre, ou du moins se ramollissent en partie. L'Italie a paru fournir des exemples favorables à cette opinion; l'Islande offre les preuves du contraire. Probablement, aucune lave vitrifiée ne se décompose; mais celles qui ont été calcinées s'altèrent par l'action des vapeurs acido-sulfureuses. La mine d'alun de la Tolfa, dans l'ancien Etat Romain, en offre un exemple : c'est une lave qui, décomposée par l'acide sulfurique, est devenue blanche et friable (3). Bergmann a exposé des laves calcaires noirâtres et compactes, venues du Vésuve, à la vapeur de l'acide sulfurique : elles ont pris, en peu d'heures, l'aspect et la texture de la craie, semblables en cela aux roches voisines de la Sulfatara (4). Il y a des naturalistes qui regardent comme attaquables par les gaz acides toutes les laves, même les plus fortement vitrifiées : l'acide sulfurique dissout d'abord le fer, ensuite la terre alumineuse et la chaux; de sorte que la terre quartzeuse, inattaquable aux acides, mais atténuée et mise à nu, est à la fin entraînée par les eaux (5). Mais ce sont là des possibilités plutôt que des faits observés. On conçoit du moins assez généralement que l'oxigène de l'air a très-peu d'influence sur les laves, et que l'action des gaz sulfurique, carbonique et

Laves décomposées.

(1) *Dolomieu*, Voyage aux îles Lipari, 56.

(2) *Delamétherie*, Théorie de la terre, II, 482, deuxième édition.

(3) *Dolomieu*, cité par *Haüy*, Minéralog., IV, 505.

(4) *Bergmann*, Géog.-Physique, II, 197, en suédois.

(5) *Faujas Saint-Fond*, Minéralog. des volcans, chap. XIX, p. 374.

autres, doit être circonscrite à un petit nombre de lieux.

C'est après les substances volcaniques qu'il convient de nommer celles qui doivent à l'action des incendies souterrains des dépôts de charbon de terre; la mieux connue est celle qu'on nomme communément *jaspe-porcelaine* (1).

L'atmosphère a de tout tems contribué à augmenter le nombre des substances solides du globe; les *pluies de pierres*, décrites comme des prodiges par beaucoup d'historiens grecs et romains, viennent enfin d'être mises hors de doute par les observations éclairées de *Biot*, de *Chaldini* et de plusieurs autres savans. Toutes ces substances, lancées sur la terre du haut des cieux, contiennent les mêmes élémens, de la silice, du fer et du nickel; elles semblent n'être que les noyaux des globes de feu qu'on voit souvent traverser l'atmosphère avec un éclat éblouissant, pour disparaître en un clin d'œil. Ainsi les *bolides* ou pierres atmosphériques seraient des concrétions formées par les gaz élémentaires, et peut-être par un effet de l'électricité; mais elles peuvent aussi être regardées comme autant de satellites ou lunes en diminutif, qui, tournant autour de notre planète, finissent par s'y réunir lorsque des causes inconnues, mais faciles à concevoir, leur ont fait perdre une partie de leur force centrifuge. Le sage *Franklin* a-t-il eu tort de penser « qu'il y a pu avoir un tems où il » pleuvait des pierres comme aujourd'hui il pleut de » l'eau? »

Bolides. Pluies de pierres.

Il ne nous reste qu'à jeter un coup d'œil sur les substances étrangères au règne minéral, et qui se trouvent comme intercalées parmi celles qui forment la croûte solide du globe : elles méritent qu'on leur consacre une section particulière.

---

(1) Thermantide porcellanite de *Haüy*, IV, 510.

LIVRE TRENTE-QUATRIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Des débris fossiles des corps organiques, végétaux et animaux.

Les restes d'êtres organiques enfouis dans les entrailles de la terre sont autant de médailles géologiques, mais des médailles sans date. La différence d'âge et d'origine entre les terrains secondaires et tertiaires deviendrait très-facile à saisir, si l'on pouvait classer précisément et complètement les débris des corps organiques, chacun d'après son terrain; mais ce grand travail, mal conçu par les géologues systématiques, n'est que depuis peu devenu l'objet de recherches vraiment scientifiques (1).

Coup d'œil général. Les corps organiques fossiles appartiennent à trois classes : les *débris* qui ont conservé leur état naturel, du moins en partie; les *substances pétrifiées*, et les *empreintes*.

Débris fossiles. Les débris de la première classe sont principalement des ossemens, et même des squelettes entiers, qui, après avoir été dépouillés de la peau et des chairs qui les couvraient, sont restés les uns enfouis dans la terre, les autres cachés dans de profondes cavernes. Tantôt ils sont calcinés en totalité ou en partie, sans avoir perdu leur configuration; tantôt ils conservent non-seulement leur texture, mais même quelques restes de chairs et de peau. On en voit qui sont incrustés d'une croûte calcaire.

(1) *G. Cuvier*, Extrait d'un ouvrage sur les espèces des quadrupèdes dont on a trouvé les ossemens dans l'intérieur de la terre. Paris, an IX. Et ses *Mémoires* dans les *Annales du Muséum d'histoire naturelle*. *Lamarck*, Mémoires sur les coquillages fossiles des environs de Paris. *Annal. du Muséum*. *Blumenbach*, Specimen archæologiæ telluris; *voyez* Gazette des sciences de Gottingue, n° 199.

Les *pétrifications*, en prenant ce terme dans le sens vulgaire, comprennent tous les corps pierreux qui ont la figure d'un corps organique. Il y a eu des cas où un suc pierreux a coulé dans une cavité formée par un corps organique, lequel a disparu. Alors la masse pierreuse s'est écoulée dans la cavité qui était restée vide, et a pris les formes extérieures du corps organique qui y était auparavant. Si ce corps était, par exemple, une branche ou un tronc d'arbre, la pierre aura à son extérieur des nœuds, des rugosités ; mais, dans l'intérieur, elle offrira tous les caractères d'une vraie pierre : elle ne sera, pour parler avec Haüy, « que la statue de la substance qu'elle » a remplacée. » Pétrifications.

D'autres fois une substance végétale ou animale, en se décomposant successivement et par degrés marqués, est déjà entourée et pressée par un suc pierreux. A mesure qu'une molécule organique se dissout et disparaît, une molécule pierreuse la remplace. Ainsi, de molécule en molécule, la matière pierreuse s'arrange dans les places restées vides par la retraite graduée des parties végétales ou animales ; et, en se moulant dans ces cavités, elle copie, trait pour trait, la contexture du corps organique. Voilà comment on explique communément la formation de ce qu'on appelle *bois pétrifié* ; imitation si fidèle du vrai bois, que, sur la coupe transversale, on distingue l'apparence des couches concentriques qui, dans l'arbre vivant, provenaient de son accroissement annuel. Quelquefois on est même en état de reconnaître, dans les linéamens de la contexture, l'espèce à laquelle appartenait l'arbre qui a été reproduit en pierre (1). Bois pétrifié.

Les *corps métallisés* et ceux qui ont été changés en bitume ou en charbon, appartiennent au même système de formation. Ainsi les *turquoises*, par exemple, sont des dents molaires de quelque grand animal marin ; une Corps métallisés.

(1) *Monges* le jeune, *Journal de physique*, 1731, page 255 et suiv. (Comp. *Daubenton*, dans les *Leçons de l'Ecole normale*, tome III, page 393 et suiv.).

substance métallique qui les a pénétrées et s'est peu à peu substituée aux parties les plus molles de l'os.

Delamétherie observe (1), ce me semble avec beaucoup de raison, que les parties siliceuses, si abondantes dans plusieurs corps organiques, ont cristallisé dans le sein de la terre, et produit une grande partie de la matière pierreuse qui constitue les pétrifications : car celles-ci étant souvent de nature siliceuse, quoique trouvées au milieu des argiles, d'où serait venu ce suc siliceux, si ce n'est du corps pétrifié même ?

Empreintes. Les *empreintes* se trouvent entre les feuillets de certaines argiles schisteuses ; ce sont des reliefs ou des creux représentant des squelettes d'animaux, surtout des poissons, des feuilles, des roseaux, des plantes entières, principalement de l'espèce des fougères. Ces dernières empreintes ont cela de singulier, que si l'un des feuillets offre l'empreinte en creux de la face opposée à celle qui porte les fructifications (ce qui est le cas le plus ordinaire), l'autre feuillet offrira, non pas le creux de la face des fructifications, mais le relief de la même face, qui est en creux sur l'autre feuillet. Apparemment, comme *Brugnières* l'explique (2), la fougère, déposée sur l'argile molle, a été recouverte par un nouveau dépôt. Dans la suite, cette plante, réduite en matière charbonneuse, ou pénétrée par les parties les plus déliées du dépôt schisteux, s'est comme incorporée et identifiée avec celui-ci ; et, comme la face des fructifications est inégale, celle opposée plus lisse, il est naturel de croire qu'il y a eu moins d'adhérence entre l'argile et cette dernière face. Voilà pourquoi c'est ordinairement celle-ci qui se présente lorsqu'on sépare les feuillets du schiste argileux.

Nous allons considérer successivement les diverses classes de débris fossiles.

Les pétrifications des végétaux semblent appartenir aux

(1) Théorie de la terre, tome II, page 543.
(2) Journal d'Histoire naturelle, n° 4, page 125 et suiv.

schistes quartzeux, alumineux et magnésiens, de préférence aux roches calcaires. La substance pétrifiante est le plus souvent du quartz-agate, de l'onyx, du jaspe (1) ; il n'est pas rare d'en rencontrer qui ont été formées par du pyrite (2) : on en a vu un morceau qui était pyritisé d'un côté et agatisé de l'autre (3). Les végétaux pétrifiés en chaux, en gypse, et même en argile, paraissent moins fréquens. Des épis fossiles imprégnés d'argent, de cuivre et d'autres substances métalliques, ont été trouvés en Suisse et près de Frankenberg dans la Hesse (4). Quelquefois on ne reconnaît que les formes extérieures du végétal ; d'autres fois, on distingue les divers anneaux de bois et le tissu de l'écorce. Les *ostéocolles* paraissent être des incrustations formées autour d'une racine végétale qui, privée de ses sucs nourriciers, a fini par disparaître. On parle des fruits pétrifiés, mais les véritables sont très-rares. On les a trouvés à des hauteurs où il n'en croît point aujourd'hui. Un tronc d'arbre pétrifié doit se trouver sur le mont Stella, au pays des Grisons, à 4000 pieds au-dessus du niveau où croissent les derniers arbustes (5) ; des couches entières de bois pétrifié existent à 1500 pieds d'élévation au-dessus de la mer, près de la ville de Munda en Espagne (6).

Végétaux pétrifiés.

Les empreintes des végétaux se trouvent presque exclusivement dans les schistes marneux et argileux. Celles des feuilles et des branches sont communes ; il s'en est rencontré qui retracent la délicate structure des fleurs, entre autres, un *Aster alpinus*, près d'Ihlefeld dans le comté de Hohenstein (7). Comme les pétrifications, elles représentent quelquefois des plantes indigènes, ou natives

Empreintes des végétaux.

(1) *D'Argenville*, Oryctologie, p. 355, tab. XX. *Stoppen*, Récréations physiques, I, 702. *Schulzen*, sur les Bois pétrifiés. Dresde, 1754.
(2) *Henckel*, Pyritol., 224, 227 (en latin). *Denso*, Biblioth. physique, I, 158. (3) *Bergmann*, Géographie-Physique, I, 307.
(4) *Scheuchzer*, Oryctograph. helvét., 209. *Lehmann*, Mémoires physico-chimiques (en all.). (5) Mémoires de l'académie des sciences de Paris, an 1710. (6) *Hollmann*, Philosoph. transact., an 1760, p. 506 *sqq.*
(7) *Bergmann*, Géog.-Phys., I, 303.

de régions peu éloignées; mais plus souvent celles qu'on trouve en Europe appartiennent aux climats tropiques, à l'Inde et à l'Amérique.

Ces végétaux sont exotiques. *Bernard de Jussieu* avait remarqué, il y a bientôt un siècle, que la plupart des plantes fossiles qu'on trouve dans les schistes bitumineux de Saint-Chaumond, près de Lyon, étaient étrangères à nos climats. On y reconnut surtout un fruit d'un *nyctantes*, des *polypodium* et des *adantium* (1). Dans un schiste marneux fossile, recouvert par des laves, *Faujas Saint-Fond* a trouvé les empreintes du gossypium en arbre, des liquidambar-styrax, des cassia-fistula et autres végétaux des climats tropiques. Ce même observateur a découvert des fruits du palmier-aréca dans un dépôt de bois fossile décomposé, nommé *terre d'ombre*, près de Cologne (2).

L'Allemand *Scheuchzer*, qui a donné un *herbarium antédiluvien;* les Anglais *Woodward* et *Luyd*, et beaucoup d'autres savans, ont prouvé les mêmes circonstances pour les plantes fossiles de leur pays. *Delamétherie* a fait voir que la gomme élastique fossile de Derbyshire était le cahout-chou, qui ne croît qu'au Pérou. Le succin de Prusse paraît provenir des forêts d'arbres à gomme.

Bois bituminisés. Les bois bituminisés, quoique enfoncés à d'assez grandes profondeurs, peuvent tenir à des révolutions moins anciennes et moins violentes; on en a trouvé des morceaux dont un bout était à l'état naturel, et l'autre bituminisé (3). Des bois sont souvent d'espèces indigènes : à Upsal on conserve un grand morceau d'aune, changé en jayet, ayant encore l'écorce et les bourgeons très-reconnaissables; il vient de la Scanie (4). Ainsi les bois bituminisés se rapprochent par degrés des *forêts souterraines*, ou des amas de bois qui ont été simplement enterrés par quelque bouleversement moderne.

Coquillages. Parmi les restes du règne animal, les *coquillages* et

(1) Mémoires de l'académie des sciences, 1718. (2) *Delamétherie*, Théorie de la terre, § 1452. (3) *Lehmann*, cité par *Bergmann*, Géog.-Phys., I, 306. (4) *Bergmann*, ibid.

les *zoophytes* sont les plus abondans ; ils occupent même des espaces immenses, mais principalement dans les terrains calcaires. La France nous en fournit les exemples le mieux connus. Les seuls environs de Paris ont déjà fourni à M. *Lamarck* plus de soixante genres, et cette savante classification est loin d'être terminée (1). On sait qu'une vaste couche de craie, accompagnée de bancs de calcaire coquillier, s'étend de Rethel, à travers les départemens de la Marne et de l'Aube, vers Sens (2). La quantité de corps étrangers qu'on a trouvés dans cette bande de craie ou dans son voisinage, est très-considérable. Leur abondance en France.

« Aux environs de la ville de Reims on trouve des car- » rières remplies de bélemnites transparentes, d'oursins, » de pyrites de différentes formes ; on y voit pêle-mêle » des cornes d'ammon, du talc fossile, du bois pétrifié, » des morceaux de glaise pleins de feuillages. » Les côtes, depuis Châlons jusqu'à Reims, sont pétries de craie. On y trouve des bélemnites, des peignes, des oursins, des dents de poissons, des pointes d'oursins. Le canton de Courtagnon offre un banc de coquilles de plusieurs myriamètres de longueur, sur près de deux de largeur. Il contient quantité de fossiles conservés en entier ; quelques-uns ont conservé leur couleur et leur poli. « On en » voit de plus de soixante espèces, tels que les huîtres » pourpres, peignes, camés, tellines, des vermisseaux » moulés, des boucardes, manches de couteau, porce- » laines, cornes d'ammon, nérites, sabots, lepas, cor- » nets, rouleaux, arches de Noé, bonnets chinois, glos- » sopètres, et autres d'animaux et coraux fossiles. (3) »

Au bas de la ville de Montmirail, entre la ferme de Tigecourt et un hameau appelé le Faussat, au confluent du ruisseau de Saint-Martin avec la rivière appelée le Petit-Morni, se trouve un banc de sable très-étendu,

---

(1) *Bruslé*, Statistique du département de l'Aube, p. 6.

(2) Description du *département de la Marne*, par la Société d'Agriculture et des Sciences du département, p. 46 et suiv.

(3) *Coquebert-Monbret*, Journal des Mines, n° 94, p. 316.

rempli de coquilles fossiles de toutes espèces : ce banc a cinq mètres de hauteur ; il est couvert de 65 centimètres de terre végétale ; au-dessous du banc de coquilles est un banc de sable jaune et gris, dont les couches sont presque horizontales et parallèles à la pente du terrain. Les carrières d'Epernay et de Dizy, le long de la Marne, fournissent à peu près les mêmes fossiles, ainsi que du bois pétrifié qui ressemble beaucoup au vrai châtaignier. Dans le cabinet d'histoire naturelle de Châlons, on conserve une dent de requin incrustée dans de la craie, et un oursin pétrifié, trouvés à 27 mètres de profondeur.

Toutes les plaines de la ci-devant Ile-de-France offrent de vastes bancs de pierres calcaires et sablonneuses, remplies ou plutôt composées de coquillages, les uns appartenant aux espèces qui habitent nos mers, les autres semblables à celles qui vivent dans les eaux douces ; circonstance qui établit entre elles une différence d'âge et d'origine (1).

Le sol français offre encore une énorme couche de coquillages qui ne s'est recouverte d'aucune autre substance. Je veux parler des *faluns* de la Touraine, banc continuel de coquillages, d'environ neuf lieues anciennes carrées de surface, sur une épaisseur au moins de vingt pieds. On en estime la masse à 170 millions de toises cubes (2).

Les faluns de la Touraine.

Remarque sur les coquillages d'Allemagne

Les autres contrées de l'Europe ne fourmillent pas moins de coquillages fossiles. Vingt pages ne suffiraient pas pour donner l'énumération des endroits de l'Allemagne où l'on en a trouvé ; mais une remarque générale des savans allemands mérite toute notre attention. Les terrains calcaires de transition et les schistes de la même formation, dans la chaîne du Hartz, ne contiennent que des zoophytes, tels que des madrépores, millepores, terebratulites ; les roches stratifiées, regardées comme les plus anciennes, offrent,

(1) *Cuvier* et *Brongniard*, Géographie-Physique des environs de Paris, *Annales du Muséum*, XI, 293.

(2) *Réaumur*, Mém. de l'acad. des sciences, en 1720, p. 404.

outre les zoophytes, des belemnites, des ammonites, encrinites, pentacrinites, en un mot, les coquillages les plus éloignés des genres actuellement vivans (1). Au contraire, les roches calcaires les plus modernes, celles du mont Bolca près Vérone, et les collines de craie de l'Angleterre et de la Sélande, renferment des genres rapprochés de ceux qui existent encore, tels que les ostracites, pectinites, buccinites, nautilites, chamites et autres (2).

Coquillages dans le nord et le midi de l'Europe.

Le nord et le midi de l'Europe ne le cèdent point aux parties centrales à cet égard. Les roches calcaires de Rœttwik en Suède, à 3000 pieds au-dessus de la mer; la terre végétale de la Finlande et les couches argileuses des îles de la Norwège, fourmillent de coquillages, les uns entiers, les autres presque changés en terre (3). En Italie, on voit près de Bologne une couche de sable formée de cornes d'ammon qui n'ont pas une ligne d'épaisseur (4). En Grèce, en Espagne, on ne marche le plus souvent que sur des coquillages. Ramond en a trouvé dans les Pyrénées, sur le sommet du mont Perdu, à 1763 toises de hauteur; Lamanon, dans les Alpes dauphinoises, à 1241 toises; Guérin, sur le mont Ventoux, à 1027 toises; et Saussure, dans les Alpes de Savoie, à 984 toises: on pourrait presque dire que partout où il y a du calcaire en Europe, il y a des coquillages (5).

Coquillages en Asie et en Afrique.

Tout concourt à nous faire regarder les autres parties du monde comme parfaitement semblables à l'Europe sous le rapport de l'abondance des coquillages. On connaît les vastes amas d'échinites de la Libye; ceux de la Barbarie ont été décrits par Shan; et nous savons, par Rœmer, qu'il s'en trouve dans les mines d'or d'Akim en Guinée (6). Le Liban est semé d'échiuites (7); le mont Carmel, d'huîtres

(1) *Freisleben*, Observations sur le Hartz, II, 81.
(2) *Steffens*, Beytræge zur innern etc., p. 87.
(3) *Bergmann*, Géograph.-Phys., I, 287. *Linné*, Pontopp, dan., etc.
(4) Comment. Bononienses, p. 66. (5) *Faujas Saint-Fond*, Essai de géologie, II, 61, 66. (6) *Rœmer*, Voyage, etc., p. 20. (en all.)
(7) *Paul Lucas*, Voyage, et II, 380.

pétrifiées (1). Les chaînes qui bordent la mer Caspienne offrent des coquillages jusqu'aux niveaux où elles dépassent les nuages (2). On en voit des couches interposées parmi les autres roches du mont Taurus en Caramanie (3). Les montagnes de la Chine en sont couvertes, selon les Jésuites (4), et la Sibérie a offert aux voyageurs russes non-seulement des coquilles calcinées, mais aussi de pyritisées, en même temps que des madrépores (5). Le savant voyageur *Péron* a vu les côtes de Timor, de la Nouvelle-Hollande et de beaucoup d'autres terres océaniques, composées en grande partie d'accumulations de testacés marins. Si nous regardons l'Amérique, nous apprenons de Kalm que les Etats-Unis et le Canada renferment d'énormes couches de calcaire; nous voyons l'amiral Narborough chercher en vain, dans la baie de Saint-Julien, les huîtres analogues aux coquillages dont il trouvait les montagnes voisines composées; enfin, au centre de cet hémisphère, M. de Humboldt nous montre la haute chaîne des Andes recouverte d'ostencites jusqu'à l'élévation de 2200 toises (6).

Coquillages sur les Cordillières.

Les autres animaux marins ont laissé des débris moins abondans; car les *poissons* sont, après les testacés, les plus fréquens: on en trouve en Suisse, près de Glarus, dans des schistes ardoises; en Allemagne, dans le schiste marneux, bitumineux de Pappenheim; dans le schiste cuivreux d'Eisleben; dans le schiste puant d'Ochningen, en Egypte et en Syrie; dans des roches calcaires sur la côte de Coromandel, et dans plusieurs montagnes de la Chine (7). L'endroit qui en a fourni le plus grand nombre, c'est le mont Bolca, près de Vérone, en Italie.

Poissons fossiles.

La France en a offert des exemples très-curieux. Il

(1) *Corn. le Bruyn*, Voyages au Levant, ch. 59.

(2) *Kæmpfer*, Amœnitat. exot., 430. (3) *Figueroo*, ambassadeur espagnol, cité par *Leibnitz*, Protogea, § 23. (4) *D'Incarville*, Philosoph. transact., vol. XLVIII. (5) *Georgi*, Description de la Russie, III, 599, etc., etc. (6) *Humboldt*, Tableau des Régions équinoxiales, p. 126-127. (7) *Scheuchzer*, Piscium querelæ et vindiciæ, Zurich, 1708. *Knorr*, lapides diluvii testes. (Nuremberg, 1749.) Tab. 17, 18. *Gessner*, de petrificatis, cap. 27, p. 60, édit. de 1759.

a été déterré à Grandmont, à quatre lieues de Beaune, en Bourgogne, un poisson dans un banc de pierre calcaire grise et dure; un autre, qui avait dix pouces dix lignes, a aussi été trouvé dans un banc massif de pierre, à dix-sept pieds de profondeur, à Nanterre, près Paris: ce sont les deux seuls exemples de ce genre, les autres poissons fossiles qu'on a découverts jusqu'ici n'étant pas incrustés dans le massif de la pierre, mais dans des couches plus récentes. Le poisson de Nanterre paraît appartenir au genre des coryphènes, dont les analogues vivent dans les mers équatoréales (1). D'autres poissons fossiles ont été trouvés à Montmartre, et au hameau de Devey-Louranc, département de l'Ardèche. Poisson fossile de Nanterre.

Les *glossopètres* sont des dents de requin (*squalus maximus*), et se trouvent presque partout, même adhérentes à l'os maxillaire (2). Les terrains calcaires qui bordent toutes les côtes de la Méditerranée, en ont offert une grande quantité; elles sont fréquentes en Livonie, dans les collines du mont Ural et dans les falaises qui bordent les rivières de Sibérie. Glossopètres.

Les poissons, quoiqu'il s'en trouve aussi dans le calcaire et les grès, semblent avoir été principalement enveloppés par la formation des schistes marneux : mais est-ce à l'huile de poisson que ces schistes doivent les uns leur bitume, les autres leur odeur urineuse? Cette opinion de Werner mériterait d'être examinée. Remarque générale.

Il paraît que les amphibies n'ont existé en grand nombre qu'après l'âge qui vit naître les poissons. Des écrevisses se rencontrent néanmoins à Pappenheim, à Glarus, à Vérone et autre part, à côté des poissons. On a trouvé une tortue entière dans du grès, près Berlingen (3). Dans les environs de Bruxelles, d'Aix en Provence, dans les carrières du grand Charonne, près Paris, on a trouvé diffé- Amphibies fossiles.

(1) *Faujas*, Essai de géologie, tome I, chap. IV, et les *Annales du Muséum*. (2) *Leibnitz*, Protogea, § 26-31. Tab. VI, VII, et les dissertations citées par *Bertrand*, Dictionnaire des fossiles, au mot *Glossopetra*.

(3) *Bergmann*, Géog. Phys., I, 276.

rentes espèces de tortues fossiles (1); mais les amphibies les plus remarquables sont les diverses espèces de lézards qu'on a nommés généralement *crocodiles fossiles*, quoiqu'il soit aujourd'hui démontré que ce sont pour la plupart des espèces très-différentes du crocodile, et en partie inconnues (2). Les schistes cuivreux de la Thuringe en ont fourni un certain nombre (3); on en a trouvé à Elston, en Angleterre, dans de l'argile; les plus fameux sont ceux qu'on a découverts dans les vastes carrières de Mastricht, au-dessous d'un grand massif calcaire.

Crocodiles fossiles.

Les animaux marins fossiles sont en grande partie étrangers aux climats actuels des contrées où ils se trouvent enfouis. L'abbé *Fortis* a fait voir que les poissons pétrifiés du mont Bolca, dans le Véronais, avaient leurs analogues vivans dans les mers d'*Otaïti* (4). Selon Linné, les porpites de Gothlande paraissent être des pétrifications des méduses de l'Inde (5). Les madrépores, si abondans en Russie dans les solitudes glaciales de la Sibérie, ne vivent aujourd'hui que dans les mers voisines de l'équateur et des tropiques. Les analogues de la plupart des coquillages pétrifiés d'Angleterre ne se retrouvent, dans l'Océan Atlantique, que vers les rivages de la Floride (6). *Dicquemare* a trouvé, près du Hâvre, une coquille qui ne vit aujourd'hui qu'à Amboine (7). *Scheuchzer* a donné la description de beaucoup de coquilles fossiles d'Allemagne, dont les analogues vivans n'existent pas dans nos mers, et peut-être nulle part sur le globe. Il paraît hors de doute que les analogues de plusieurs coquilles fossiles, telles que les ortho-ceratites, les ammonites, les gryphites, les pierres judaïques, plusieurs échinites et autres n'existent plus, ou n'existent que dans la profondeur des mers. Les bancs de ces espèces de coquilles fossiles sont

Ces animaux sont exotiques.

(1) *Faujas*, Géologie, I, 187. (2) *Cuvier*, Annales du Muséum, XII, 73, 145, etc. (3) Miscell. berolinens. 1710, p. 103.

(4) Journal de physique, 1786. Mars, page 162. (5) *Linné*, Amœnitates academicæ, I, p. 91; IV, tab. 3. (6) *Kalm*, Dissertatio de ortu petrificat., p. 7. (7) Journal de physique, 1776. Janvier, p. 39.

appelés *pélagiens*, tandis qu'on désigne sous le nom de *bancs littoraux* ceux qui contiennent des coquilles indigènes, et déposées par la mer actuelle. Toutefois on n'oserait garantir qu'aucun d'eux eût des analogues vivans d'une parfaite ressemblance. Bancs pélagiens et littoraux.

Mais ce fait, général pour l'Europe et le nord de l'Asie, l'est-il également pour l'Afrique, l'Amérique méridionale et la Nouvelle-Hollande ? Y retrouve-t-on les coquillages et les poissons de nos mers septentrionales ? On l'ignore. Les testacés de la Libye ressemblent à ceux du golfe Arabique ; mais on assure qu'à Fez, dans le Maroc, on trouve un mélange de coquillages d'Europe et d'Amérique (1).

Plusieurs circonstances singulières accompagnent ces monumens géologiques. La coquille pétrifiée et parfaitement conservée, est souvent à côté de plusieurs autres calcinées, vermoulues, détruites. Ici, les couches de coquillages sont horizontalement avec la partie concave en haut et sans aucun mélange étranger (2) ; là, comme près Uddevella en Suède, ces débris, roulés dans le plus grand désordre, se trouvent au milieu des fragmens de granite, des sables et de l'argile (3). Quelques poissons ont été tout d'un coup enveloppés de la matière qui contient leur empreinte ou leur statue en pétrification (4). On aperçoit encore les mouvemens convulsifs que ces animaux ont faits pour échapper à la terrible catastrophe dont ils sont les monumens. D'autres fois, le rapprochement de ces débris avec les minéraux présente des cas singuliers ; à Jarlsberg en Norwège, on trouve des moules dans une mine d'aimant (5) ; des coquillages pétrifiés avec des filets adhérens d'or et d'argent, ont été rencontrés en Angleterre et en Sibérie. Les plus rares objets dans ce genre paraissent être les moules en cinabre, remplis de la même matière (6). Circonstances remarquables.

(1) *Bourguet*, Traité des pétrifications. (2) *Kalm*, Voyages, etc., I, 292 (en suédois). (3) *Wallerius*, Dissertat. de collibus Uddewallensibus. (4) Voyez *Piscium querelæ et vindiciæ*, par *Scheuchzer*, etc. (5) *Cronstedt*, Minéralogie, p. 244 (en suéd.). (6) *Bergmann*, Géog. Phys., I, 301.



Ainsi, avant que nos montagnes stratifiées et les métaux qu'elles contiennent, se formassent; avant que de leurs débris il naquît des terrains d'accumulation, le globe a dû être recouvert en grande partie et à plusieurs reprises, tantôt d'eaux marines, tantôt d'amas d'eau douce, et enfin de plusieurs liquides d'une nature inconnue, chargés de matières qui ont enveloppé les madrépores, les coquillages de mer et d'eau douce, et les poissons dont nous retrouvons les pétrifications ou les empreintes les unes accumulées au-dessus des autres. Dans l'immense succession de siècles qu'ont exigée ces tranquilles formations, interrompues de tems à autre par des révolutions violentes, il paraît, ou que les mammifères, les oiseaux et les grands cétacés, n'ont point encore existé, ou qu'ils ont existé dans une situation qui les mettait à l'abri des effets de ces catastrophes qui ensevelirent les innombrables générations de petits animaux marins. Du moins, on n'a trouvé aucun débris de mammifère ni de cétacé, qui fût décidément recouvert d'un banc pierreux régulier. L'exemple des os d'éléphant trouvés sous un banc calcaire en Angleterre, n'est pas bien constaté (1). Les dents fossiles de *trichecus rosmans*, qu'on trouve dans la Sibérie orientale, et les squelettes de baleine découverts à Quebec (2) et à Tistedal en Norwége (3), étaient dans des couches de terre meuble. Les pétrifications et les empreintes d'*insectes* et d'*oiseaux* sont peu communes et rarement bien reconnaissables. Les prétendus rayons de miel pétrifiés avec des abeilles, des larves et des œufs, trouvés dans une caverne de la Haute-Égypte, ont besoin d'une nouvelle garantie (4). Les plus anciens restes d'oiseaux se rencontrent dans les schistes marneux de Pappenheim et d'Oehningen (5); les autres ne sont généralement que des incrus-

Débris de cétacés.

Oiseaux et insectes.

(1) *Pennant*, Œuvres, XV, 158. Comp. *Cuvier*, Mémoires sur les éléphans fossiles et vivans. Annal. du Muséum, VIII, 41. (2) *Kalm*, Voyage d'Amérique, etc., III, 247 (en suéd.). (3) *Pontoppidan*, Hist. nat. de la Norwége, I, 63 (en dan.). (4) *Lippi*, Mém. de l'académie de Paris, 1705. (5) *Scheuchzer*, Vindic. piscium, tab. 2.

tations de tuf calcaire, par conséquent du dernier âge des révolutions géologiques (1).

Un nouvel ordre de choses se présente. Nous voyons les restes des quadrupèdes accumulés dans des régions où leurs semblables ne demeurent plus aujourd'hui ; les uns sont enfouis dans des couches gypseuses, comme les espèces aujourd'hui inconnues, et que Cuvier a pour ainsi dire ressuscitées, le *palæotherium* et l'*anoplotherium*, avec leurs diverses variétés, trouvées dans les terrains à plâtre des environs de Paris (2) ; les autres se rencontrent dans des couches de sable ou de terre marécageuse, comme la plupart des os d'éléphans ; comme le *megalonyx*, animal inconnu de la famille des paresseux, ayant la taille d'un bœuf, trouvé en Virginie (3); et le *megatherium*, découvert près de Buenos-Ayres, et qui joint à un caractère rapproché de celui des paresseux la grandeur d'un rhinocéros (4). Il y en a, enfin, qui s'offrent à la vue, sans aucune enveloppe, accumulés dans de vastes cavernes ; c'est ainsi qu'on a trouvé l'*unicorne fossile* dans les cavernes de Harzdorf et de Baumann, au mont Hartz, et l'*ours fossile*, dans celles de Gailenreuth et de Muggendorf, au pays de Bareuth (5).

Restes de quadrupèdes.

1° Dans le plâtre.

2° Dans les marais.

3° Dans les cavernes.

Les débris fossiles de ce genre ne sont pas moins généralement répandus sur le globe que ceux des animaux marins. L'*éléphant fossile*, espèce aussi différente de celle des Indes et de celle d'Afrique que le cheval l'est de l'âne (6), a laissé les preuves de son ancienne existence dans toute l'Europe, dans l'Asie septentrionale, et dans le Nouveau-Monde. On sait que la Sibérie exporte annuellement une quantité considérable d'ivoire fossile (7), tant

Éléphant fossile.

En Sibérie.

(1) *Bergmann*, Géograph.-Physiq., I, 275. (2) *Cuvier*, Mém. sur les os fossiles de la pierre à plâtre des environs de Paris. *Annal. du Muséum*, III, 275, 364, 442; IV, 66; VI, 253. (3) *Id., ibid.*, V, 358.

(4) *Id., ibid.*, V, 376. Description des os de megatherium, par *Bru*, ibid, 388. (5) *Blumenbach*, Specimen archæologiæ telluris, *l. c. Id.*, Manuel d'histoire naturelle, 695 (en all.). (6) *Cuvier*, sur les éléphans vivans et fossiles, *Annal. du Muséum*, VIII, 265.

(7) *Momotova kosti*, c. à. d. os de mammout ou momot. *Momotova* est le génitif pluriel en russe.

cette substance y abonde : elle se montre presque partout où les eaux de rivières minent les terrains meubles qui les bordent. Les îles de Lachof, situées au nord de la Sibérie, ne sont, selon un voyageur moderne, que des amas de sable, de glace et d'os d'éléphans et de rhinocéros, mêlés avec ceux de grands cétacés, et même, d'après les dernières relations, avec des restes d'oiseaux gigantesques. On a même trouvé en Sibérie des cadavres de cet éléphant (qu'on y nomme *momot* ou *mammouth*), couverts de leur chair et de leur peau, conservés par le froid glacial qui règue dans ces contrées (1). En Europe, c'est l'Allemagne qui en a fourni le plus grand nombre, « parce » que dans cet empire, comme dit M. *Cuvier*, il n'y a » aucun canton sans quelque homme instruit, capable de » recueillir et de faire connaître ce qui s'y découvre d'in» téressant. » Le squelette d'éléphant trouvé à Tonna, dans la Thuringe, était dans une marne sablonneuse, recouverte par les couches du tuf calcaire qui, dans ce pays, remplissent les cavités du calcaire stratifié (2). En France, on a rencontré beaucoup d'os d'éléphans, depuis ceux du Dauphiné, qu'on prit d'abord pour les restes d'un géant ou de Teutobochus, roi des Teutons (3), jusqu'à ceux qu'on vient de découvrir dans la forêt de Bondi, et qui sont enfouis dans un terrain noir, recouvert de sable enchâssé dans des argiles et des marnes (4). L'Italie en a offert une récolte presque aussi abondante que l'Allemagne. Les autres pays de l'Europe n'en sont point dépourvus ; l'Angleterre en contient plusieurs ; l'Ostrobothnie en fournit un exemple. Si nous passons l'Océan Atlantique, le Nouveau-Monde en présente trois emplacemens connus : l'Islande, où l'on a trouvé une dent d'éléphant (5) ; l'Amérique septentrionale, qui en ren-

Éléphans fossiles en Europe.

En Islande et en Amérique.

(1) *Adams*, Voyage à la mer Glaciale. *Annal. du Muséum.*

(2) *Freisleben*, Description minéral. du canton de Burg-Tonna, dans le *Magasin de la science du mineur*, vol. X, p. 51. (3) *Faujas*, Annal. du Muséum, II, 24. (4) *Cuvier*, Annal. du Muséum, VIII, 21.

(5) *Bertholin*, Acta medic., Hafn., I, 83.

ferme quelques ossemens épars, et le plateau de Quito, d'où M. de Humboldt en a rapporté plusieurs (1).

A côté du mammouth ou éléphant fossile, on doit nommer le *mastodonte*, animal assez rapproché de l'éléphant, et comme lui frugivore, malgré ses dents garnies de plusieurs élévations. Cet animal, que les Anglo-Américains confondent avec le vrai mammouth, et dont on a distingué cinq espèces, toutes inconnues dans le règne animal vivant (2), a laissé ses restes imposans dans l'un et l'autre continent; car c'est à une espèce de mastodonte qu'appartiennent, entre autres, les dents mâchelières changées en turquoises, trouvées près de Simorre, département du Gers, et qu'on avait d'abord attribuées à un éléphant (3). C'est sur les bords de l'Ohio et de l'Hudson, aux Etats-Unis, qu'on trouve les restes de la plus grande des mastodontes; on en a aussi rencontré dans la Basse-Louisiane (4). M. de Humboldt a découvert les ossemens d'une autre espèce dans les hautes plaines du Quito, au pied du volcan Inibabura, et dans l'endroit nommé *Champ des Géans*, à 1200 et 1300 toises au-dessus des mers actuelles. Mastodonte, animal fossile.

Les os de rhinocéros et d'hippopotames fossiles appartiennent à des espèces différentes de celles qui vivent aujourd'hui : ils se trouvent souvent à côté des restes d'éléphans. Le plus fameux débris de rhinocéros est la tête qu'on a retirée presque intacte des tourbières parmi lesquelles le Wiloui, fleuve de la Sibérie, roule ses ondes glaciales. Os de rhinocéros, d'hippopotames, etc.

Parmi les *tapirs* fossiles, on a reconnu une espèce d'une dimension gigantesque; même des espèces animales aujourd'hui d'une très-petite taille, et que la faiblesse de Dimensions gigantesques.

(1) *Humboldt*, cité par *Cuvier*, Annal. du Mus., VIII, 57.

(2) *Cuvier*, Annal. du Muséum, VIII, 412. (3) *Cuvier*, Annales du Muséum, n° 14, page 132; *Faujas Saint-Fond*, Journal de physique, 1794, décembre, page 445. (4) *Peales*, Historical disquisition, etc. Londres, 1803. *Volney*, Tableau du climat des États-Unis, I, 100. *Cuvier*, sur le grand Mastodonte, Annal. du Muséum, VIII, 270 *sqq*.

leur constitution livre comme une proie facile à des êtres plus puissans, ont parmi les fossiles leurs analogues, qui ont dû rivaliser avec les animaux les plus forts. De ce nombre nous avons déjà nommé deux espèces rapprochées de celle des paresseux, et qui ont été ensevelies, l'une dans la Virginie, l'autre dans les environs de Buenos-Ayres; la première est le *megalonyx*, de la taille d'un bœuf; l'autre, le *megatherium*, qui a les dimensions d'un éléphant (1).

Carnassiers et ruminans fossiles.

Nous ne pouvons énumérer, espèce par espèce, les animaux dont on trouve des restes fossiles; on nous dispensera de discuter si les carnassiers, dont les cavernes d'Allemagne renferment tant de restes, diffèrent des ours, des lions et des hyènes d'aujourd'hui; on ne voudra pas nous obliger à résoudre les incertitudes qui règnent encore à l'égard des ruminans fossiles, parmi lesquels l'*élan d'Irlande* et le grand buffle de Sibérie tiennent le premier rang (2). Les brèches calcaires de Gibraltar, de Cette, et autres, présentent aussi, d'une manière énigmatique, d'innombrables ossemens de ruminans analogues aux espèces vivantes en Europe. Nous citerons pourtant la curieuse découverte du squelette d'un animal du genre des

Sarigues.

sarigues, trouvé dans les pierres à plâtre des environs de Paris : ce genre très-particulier existe uniquement dans l'Amérique méridionale (3).

Ces découvertes, quoique encore à peine commencées, jettent déjà une lumière nouvelle sur les révolutions que notre globe a dû subir, et sur les états qui ont dû précéder l'ordre actuel de la nature.

De l'origine des os dans les cavernes.

D'abord, que d'espèces animales éteintes, et par combien de révolutions différentes! Les animaux dont les restes se trouvent actuellement dans les cavernes, paraissent évidemment s'y être retirés eux-mêmes pour chercher un abri contre quelque révolution soudaine, et dont la violence irrésistible les y a pourtant livrés à une mort

(1) *Voyez* ci-dessus, p. 285. (2) *Cuvier*, sur les os fossiles des ruminans, dans les *Annal. du Muséum*, XII, 333 *sqq.* (3) *Id.*, *ibid.*, V, 277-292.

commune (1). Fuyaient-ils une inondation soudaine ? demandaient-ils à ces cavernes un asile contre un funeste changement de climat ? ou s'en servaient-ils pour enterrer régulièrement leurs frères morts, ainsi que font, selon quelques rapports, les éléphans d'Afrique? Dans tous les cas, l'état presque intact où se présentent plusieurs de leurs os, et la nature du tuf calcaire dont les autres sont recouverts, démontrent évidemment la date peu ancienne de cette dernière catastrophe du globe.

Les animaux dont les restes se trouvent en si grande quantité dans le gypse, sont généralement d'une seule espèce, ou du moins d'une seule famille. Cette circonstance ne se rencontre que dans les îles ou continens isolés. Il paraît donc que ces animaux ont habité de petites terres qui ont été englouties dans la mer (2). Origine des ossemens trouvés dans le plâtre.

Les terrains meubles qui remplissent les fonds des vallées, et qui couvrent la superficie des grandes plaines, nous ont fourni, dans les seuls ordres de *pachidermes* et des *éléphans*, les ossemens de onze espèces, savoir : un *rhinocéros*, deux *hippopotames*, deux *tapirs*, un *éléphant* et cinq *mastodontes* (3) ; toutes ces onze espèces sont aujourd'hui absolument étrangères aux climats où l'on trouve leurs os. Les cinq mastodontes seuls peuvent être considérés comme formant un genre à part et inconnu, mais très-voisin de celui de l'éléphant. Toutes les autres appartiennent à des genres aujourd'hui existans dans la zone torride. Trois de ces genres vivans ne se trouvent que dans l'ancien continent, savoir: les rhinocéros, les hippopotames et les éléphans ; le quatrième, celui des tapirs, n'existe que dans le nouveau. La même répartition n'a pas lieu dans les animaux fossiles. C'est dans l'ancien continent que l'on a déterré les os des tapirs, et il s'est trouvé quelques os d'éléphans dans le nouveau. Ces espèces, appartenantes à des *genres* connus, diffèrent néan- Origine des ossemens trouvés dans les terrains meubles.

(1) *Blumenbach*, Specimen archæologiæ, etc., etc, *l. c.*
(2) *Cuvier*, Annal. du Muséum, III, 386.
(3) *Id.*, Annales du Muséum, VIII, 421 *sqq.*

moins essentiellement des *espèces* connues; elles doivent être considérées comme des espèces particulières, et non pas comme de simples variétés. La chose ne peut être sujette à aucune contestation pour le petit hippopotame et pour le tapir gigantesque; elle est encore bien certaine pour le rhinocéros fossile, et extrêmement probable pour l'éléphant et le tapir fossile. Le grand hippopotame est le seul des onze quadrupèdes sur lequel il reste quelques doutes.

Ces différens ossemens sont enfouis presque partout dans des lits à peu près semblables; ils y sont souvent pêle-mêle avec quelques autres animaux également semblables à ceux d'aujourd'hui. Ces lits sont généralement meubles, soit sablonneux, soit marneux, et toujours plus ou moins voisins de la surface. Il est donc probable que ces ossemens ont été enveloppés par la dernière catastrophe du globe. Dans un grand nombre d'endroits, ils sont accompagnés de dépouilles d'animaux marins accumulées; quelques lieux moins nombreux n'offrent aucune de ces dépouilles; quelquefois même, le sable ou la marne qui les recouvrent, ne contiennent que des coquilles d'eau douce. Quoique un petit nombre de coquillages attachés à des os fossiles indiquent qu'ils soient restés quelque temps sous les eaux, aucune relation bien authentique n'atteste qu'ils se trouvent recouverts de bancs pierreux, réguliers, remplis de coquilles marines, ni par conséquent que la mer ait fait sur eux un séjour long et paisible (1).

La catastrophe qui les a recouverts paraîtrait donc avoir été une grande inondation marine, mais passagère, si on n'avait pas trouvé de ces os sur le dos des hautes montagnes, où du moins nos mers actuelles n'ont jamais pu arriver dans leurs agitations les plus violentes. D'un autre côté, ces ossemens n'offrant point de trace de roulement, se trouvant seulement fracturés comme pourraient se trouver les débris de nos animaux domestiques, et quel-

(1) *Cuvier*, VIII, 266, 422.

quefois rassemblés en squelettes, souvent même comme entassés dans des cimetières communs, démontrent que la catastrophe qui a détruit les êtres vivans auxquels ils appartenaient, a dû trouver ces êtres dans les mêmes climats où nous rencontrons ces monumens de leur existence.

Ces deux conclusions, tirées des faits évidens, renversent l'hypothèse selon laquelle l'extinction de ces races animales serait l'effet direct d'un changement total de la température du globe. Car un semblable changement aurait encore permis à ces animaux de chercher une autre demeure. Rien d'ailleurs dans la structure de ces animaux n'annonce positivement qu'ils n'auraient point pu vivre dans un climat froid ; seulement, l'abondante nourriture qu'exigeaient ces masses animées, et leur multitude prouvée par l'existence des carnassiers, rendent probable que les contrées où nous trouvons leurs restes jouissaient autrefois d'une température, sinon plus chaude, du moins plus favorable à la végétation.

L'absence de tout ossement humain dans ces divers amas de débris, prouve que l'homme n'existait point antérieurement à la dernière catastrophe du globe. Ossemens humains.

Nous avons parcouru l'immense série des substances solides qui forment la croûte de notre globe, depuis le sommet granitique des Alpes jusqu'au sein des mines les plus profondes ; tout nous a rappelé une substance fluide sans laquelle les masses solides n'auraient pu éprouver ni ces dissolutions, ni ces réunions dont nous avons aperçu les traces les plus évidentes. Nous terminons donc ici notre *géologie*, pour passer à l'*hydrologie* ou la théorie des eaux répandues à la surface du globe.

LIVRE TRENTE-CINQUIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. De l'Eau en général. Des Sources, Fleuves et Lacs.

De l'eau en général. L'EAU, dans son état pur, est un fluide transparent, sans couleur, sans odeur, jouissant d'une grande mobilité; elle se présente sous trois formes d'agrégation : comme un solide, alors elle porte le nom de *glace;* comme un liquide, c'est l'eau, dans le sens vulgaire du mot; enfin comme une vapeur, un gaz atmosphérique.

On avait long-tems regardé l'eau comme un élément; mais la chimie moderne compte parmi ses triomphes la découverte des substances élémentaires dont l'eau est composée. C'est de 85 centièmes parties de gaz oxigène (air pur), combinées avec 15 centièmes parties de gaz hydrogène (air inflammable), que naît l'eau dans son état de pureté. Mais elle ne se trouve presque jamais pure; elle tient en dissolution des parties siliceuses, calcaires, métalliques, des acides, du soufre. L'air est dissous par l'eau, qu'il dissout à son tour et en plus grande proportion. Il est même probable que toute la terre, ou du moins la croûte extérieure de ce globe, a été dans un état de dissolution mécanique ou chimique, par un fluide aqueux. Nous allons suivre une marche indépendante de tout système, en commençant par ce qui est plus à la portée de nos observations, et en allant du plus petit au plus grand.

Sources. Les *sources* sont de petits réservoirs qui reçoivent les eaux des terres voisines par de petits canaux latéraux, et qui répandent leur trop plein, soit par écoulement, soit d'une autre manière quelcouque.

L'origine des sources ne saurait être attribuée exclusivement à une seule cause. La nature, simple dans ses

lois générales, emploie une grande variété de moyens. Ainsi, la précipitation des vapeurs atmosphériques, la fonte des glaces, l'infiltration des eaux marines, le soulèvement des vapeurs souterraines, concourent également à former les sources (1).

Vapeurs attirées par les hauteurs

Les montagnes attirent vers elles les nuages et les brouillards; c'est une observation qui s'offre d'elle-même à ceux qui ont vécu quelque tems dans des pays montagneux. Comme le froid devient plus vif à mesure qu'on s'élève dans les airs, il est aussi nécessaire qu'il tombe plus de neiges, et qu'il se forme plus de glaces dans les endroits élevés que dans les plaines. Voilà les deux principales causes visibles qui contribuent à imbiber les montagnes de cette grande quantité d'eau qu'elles versent de toutes parts. Mais sont-elles les seules? Les grands lacs situés à des hauteurs considérables, les glaciers qui couvrent les Alpes, ont-ils pu être formés successivement par les pluies et les neiges? ou faut-il admettre que l'eau, dans l'origine des choses, à l'époque des grandes cristallisations, s'est réunie par affinité élective à certaines substances, de préférence au reste de la terre?

Infiltration des eaux marines.

L'opinion des anciens et de Descartes, qui attribuaient la naissance des sources à l'infiltration des eaux de la mer, n'est pas entièrement détruite. Il est vrai que toutes les eaux courantes ont leurs sources infiniment élevées audessus du niveau de la mer. L'infiltration directe des eaux marines n'a lieu que pour quelques étangs, qui ne sont séparés de la mer que par des terrains plats et sablouneux. Mais le phénomène des tubes capillaires peut avoir lieu dans l'intérieur de la terre; les eaux de mer, dégagées de leurs élémens salins et amers, peuvent remonter par les pores imperceptibles de plusieurs roches, d'où elles se dégagent par la chaleur pour former ces vapeurs souterraines auxquelles plusieurs sources doivent leur origine. On peut citer l'exemple des Chartreux qui, voyant leurs

(1) *Bergmann*, Géographie-Physique, I, 325-334.

sources se dessécher, et apprenant en même tems que des vapeurs épaisses sortaient d'une carrière voisine nouvellement ouverte, achetèrent cette carrière, la fermèrent et virent leurs sources reparaître (1). Un fait semblable est arrivé en Esclavonie (2). Quant au changement de la nature saline des eaux de mer, il est prouvé par la diminution de salure dans des sources évidemment nées d'infiltrations (3). Les sources douces, dans les Bermudes, s'élèvent et s'abaissent avec la mer, aussi-bien que les sources salées (4).

Sur l'infiltration des eaux pluviales.

On avait prétendu que les eaux de pluie ne pénétraient pas à une grande profondeur dans les terres, qu'elles étaient entièrement absorbées par les premières couches de terre, et d'ailleurs en trop petite quantité pour nourrir tant de larges rivières et de fleuves impétueux. Mais observons la disposition des couches qui composent la surface du globe ; nous les trouverons plus ou moins inclinées, renversées et feuillées par les suites des révolutions qu'elles ont subies, ou de la manière dont elles se sont formées. Les eaux pluviales s'écoulent rapidement entre les interstices et les fentes de ces couches supérieures, et ne s'arrêtent que lorsqu'elles sont parvenues aux *argiles :* c'est là le terme ordinaire de leur infiltration ; c'est leur réservoir naturel. Les observations ont d'ailleurs prouvé que les eaux pluviales s'infiltrent jusqu'à de grandes profondeurs. En Auvergne (5), on les voit pénétrer dans les houillères à 250 pieds de profondeur ; dans la Misnie, on a vu, à 1600 pieds de profondeur, les eaux de pluie s'égoutter de la voûte d'une mine (6).

Les neiges et les glaces donnent sans doute, dans certaines contrées, naissance à une plus grande quantité d'eau courante que les pluies, les rosées et les vapeurs aqueuses de l'atmosphère. Mais pour concevoir combien

(1) *Perrault*, OEuvres diverses, p. 819. (2) *Bergmann*, Ibid., 331.
(3) *Lulof*, Géog.-Physique, § 358. (4) *Norwood*, Philosoph. transaction abridg., II, 2;8. (5) *Le Monnier*, Observ. d'hist. naturelle, p. 194. (6) *Muschenbrook*, Instit. phys., § 894.

l'effet lent et continuel de celles-ci contribue en général à la formation des sources, on n'a qu'à considérer l'Apulie et d'autres presqu'îles dépourvues d'eau courante, parce que leurs montagnes n'offrent pas une masse assez large et élevée pour attirer et retenir les vapeurs aqueuses de l'atmosphère. De même, puisque c'est de la mer que l'atmosphère pompe de l'eau sous une forme gazeuse, il est aisé de voir pourquoi l'intérieur des grands continens, comme de l'Afrique et de l'Asie, contient tant de déserts arides. Si les deux Amériques sont plus abondamment arrosées, elles le doivent à la masse et à l'élévation de leurs montagnes, ainsi qu'à la continuité de leurs pentes.

Car l'eau qui circule à la superficie du globe n'a généralement d'autre principe de mouvement que son propre poids et la pente du terrain. C'est cette pente qui le porte de montagne en montagne, de vallée en vallée, jusque dans le bassin de la mer. Mouvement de l'eau courante.

Les *sources jaillissantes*, qui forment quelquefois des jets d'eau naturels, suivent les mêmes lois d'équilibre que les autres sources. Seulement les canaux qui leur fournissent de l'eau doivent venir des lieux très-élevés, et par une pente rapide; les eaux portées de cette manière à un réservoir souterrain, où elles se trouvent à l'étroit, s'élancent, par la pression, de la même manière que les jets d'eau dont l'art embellit nos jardins. Sources jaillissantes.

Les *jets d'eau bouillante*, qui paraissent accompagner les volcans, suivent probablement les mêmes lois. Cependant un naturaliste français a cru que les majestueux phénomènes de la source dite *Geyser*, en Islande, sont produits par des vapeurs souterraines, lesquelles, subitement développées, viendraient soulever une masse d'eau rassemblée dans l'ancien cratère d'un volcan (1). Mais le bassin du Geyser reçoit probablement ses eaux des hauteurs qui l'avoisinent.

Les *fontaines intermittentes*, surtout lorsque leurs

(1) *Delamétherie*, Théorie de la terre, IV, 309 (2e édit.).

abaissemens et leurs retours suivent des périodes régulières, excitent l'étonnement du peuple, qui les décore du titre de *fontaines miraculeuses*. La fontaine périodique de Côme, dans le Milanais, a été décrite par *Pline*; elle s'élève et s'abaisse d'heure en heure (1). La ville de Colmars, en Provence, en a une qui s'élève huit fois dans une heure. Il y en a une à Fronzanches, dans le Languedoc, dont le haussement périodique retarde tous les jours de 50 minutes (2). La *fontaine Ronde*, sur le chemin de Pontarlier à Touillon, dans la Franche-Comté, s'élève avec bouillonnement. Le *Buller-born*, dans l'évêché de Paderborn, en Westphalie, fait un grand bruit à ses retours périodiques. Près de Brest, un puits, éloigné de 75 pieds de la mer, s'abaisse avec la haute marée, et s'élève lorsque la mer baisse (3). L'Angleterre fournit plusieurs exemples de ces sources: une surtout près Torbay, en Devonshire; et une à Buxton, dans le comté de Derby. Il y en a, selon *Gruner*, une source à *Engstler*, dans le canton de Berne, qui a une double intermittence annuelle et journalière (4). Mais parmi ces sources, dont il serait facile de citer encore beaucoup d'exemples, aucune n'offre une marche parfaitement régulière. On explique le jeu de ces sources en supposant, dans les terrains où elles se montrent, des réservoirs et des tuyaux de conduite en forme de siphons recourbés. Tout le monde connaît l'usage des siphons, qui commencent à procurer l'écoulement à un liquide, lorsque la surface de ce liquide, dans laquelle est plongée une de leurs branches, se trouve au niveau de la courbure de ces branches, et qui continuent tant que le fluide n'est pas descendu au-dessous de l'orifice de la branche. Dès que l'orifice n'y plonge plus, l'écoulement cesse, et il recommence sitôt que le réservoir est rempli au niveau de la courbure. Quant aux

Fontaines intermittentes ou périodiques.

(1) *Plin.*, l. II, c. 103. *Scheuchzer*, Hydrograph. Helvetica, p. 126.
(2) *Astruc*, Histoire naturelle du Languedoc et de la Provence.
(3) Journal de Trévoux, 1728, octobre.
(4) *Scheuchzer*, Iter Alpin, 26; II, 404.

réservoirs qui fournissent à ces fontaines, les sécheresses, les pluies et la fonte des neiges y peuvent exercer une grande influence, et ainsi rendre les retours périodiques plus ou moins réguliers. Cette liaison, qui existe entre l'état plus ou moins humide de l'atmosphère et les réservoirs des fontaines intermittentes, justifie jusqu'à un certain point les conclusions que le peuple tire du mouvement de ces sources pour deviner la constitution favorable ou désastreuse de l'année; conclusions qui font donner à plusieurs d'entre elles, le nom de *fontaine de disette et d'abondance* (1).

Fontaines de disette et d'abondance.

Eaux souterraines.

Il est naturel de croire que plusieurs veines d'eau, ne trouvant pas d'autre écoulement convenable, se répandent dans des cavités souterraines, s'imbibent dans les terres, ou même se rendent sous terre jusque dans la mer. On pourrait ainsi expliquer l'origine des sources d'eau douce qu'on voit jaillir au milieu même des flots amers de l'Océan. Les eaux rejetées par les volcans, les subites et terribles inondations des mines, les rivières qui se perdent sans reparaître, les montagnes qui soudain s'engloutissent dans le sein des nouveaux lacs, tout concourt à prouver qu'il y a des cavités souterraines assez considérables, souvent remplies d'eau. Le besoin de suppléer à la disette des sources en creusant des puits, nous a procuré la connaissance d'un fait encore plus intéressant pour la géographie-physique. Il paraît qu'il y a des lacs, ou, pour mieux dire, des nappes d'eau qui s'étendent sous terre à des distances considérables. *Delamétherie* (2) rapporte que dans le ci-devant Artois, près d'Aire, en fouillant des puits, on parvient toujours à une couche argileuse, laquelle étant percée, l'eau sort à gros bouillons, s'élève, et forme des sources qui coulent continuellement. Dans le ci-devant Modénois on trouve partout, à 63 pieds, une couche d'argile de 5 pieds, et, au-dessous d'elle, l'eau qui jaillit

(1) *Kant*, Géograph.-Physique; II, part. 2. p. 224.

(2) *Théorie de la terre*, tome IV, p. 563.

avec force (1). Dans l'intérieur du pays d'Alger, dans la contrée de Wad-Reag, les habitans, en fouillant à 200 brasses de profondeur, ne manquent jamais de trouver une couche d'ardoise sous laquelle il y a de l'eau en telle abondance, qu'ils l'appellent *la mer sous terre* (2).

On conçoit facilement qu'une couche d'argile a pu s'affaisser horizontalement par le desséchement, tandis qu'une autre couche argileuse prenait sa retraite en haut. La fente horizontale formée de cette manière, a pu servir d'écoulement à des lacs ou à des rivières qui ont formé ces amas d'eaux souterraines.

Glaciers. Les glaciers qui couronnent les cimes des plus hautes montagnes, ont avec les sources une liaison intime et une origine commune. Les neiges, accumulées pendant des siècles, s'affaissent, se compriment et se consolident tant par l'évaporation que par l'alternative des fontes et des regels. Ainsi se forment d'immenses calottes qui couvrent des montagnes entières, ou des champs de neige glacée qui s'étendent entre les sommets. Les hautes vallées se remplissent en même temps des neiges qui y tombent, et des eaux glaciales qui découlent des sommets neigés. Enfin les seuls découlemens, joints aux avalanches, font naître ces masses de pure glace dont les branches s'étendent jusque dans les vallées inférieures. Ces dernières glaces semblent, en quelques endroits, s'accroître pendant une longue suite d'années; elles ont même en Suisse comblé des vallées entières, enseveli des villages, et fermé une passe entre le Valais et le canton de Berne. Mais les diminutions compensent ordinairement d'un côté ce que l'accroissement fait gagner de l'autre : quelques années chaudes suffisent pour rétablir l'équilibre (3).

Les scènes que présentent ces glaces varient aussi bien que leur étendue : tantôt une grande masse d'eau,

(1) *Ramazzini*, Topographia Mutinensis. (2) *Shaw*, Voyage en Barbarie, tom. I, page 169. (3) *Saussure*, Voyages, *Gruner*, etc.

congelée au moment d'une tempête, présente ces ondes qui imitent celles d'un lac ; tantôt ces inégalités disparaissent, pour ne laisser apercevoir aux voyageurs étonnés qu'un immense miroir d'une glace resplendissante. Ici, les superbes portails de cristal tombent en ruines, les aiguilles éclatantes se brisent; en d'autres endroits, les avalanches de neige glissent sur un champ de glace, s'y arrêtent, et, façonnées par les rayons du soleil, prennent la figure de nouvelles pyramides et obélisques.

L'utilité constante des glaciers est de fournir aux continens, dans une progression lente et à peu près régulière, les eaux qui, sans cette congélation, se seraient précipitées impétueusement du haut des montagnes pour inonder et dévaster les campagnes qu'elles doivent fertiliser. Grâce au froid qui les convertit en neiges et en glaces, elles restent suspendues sur les flancs des monts, et s'écoulent en abondance de dessous les pieds de ces masses énormes, ou du sein de leurs grottes cristallines.

Fleuves, rivières, torrens et ruisseaux.

Les épanchemens des sources et les écoulemens des glaciers en fonte, forment de petits courans plus ou moins tranquilles; ce sont les *ruisseaux*. Les eaux des grandes pluies se précipitent avec plus de rapidité, et sillonnent les flancs des montagnes par des *torrens* impétueux et vagabonds. La réunion de ces courans forme les *rivières* qui, en suivant la pente du terrain, se réunissent le plus souvent dans un plus grand canal, qui prend le nom de *fleuve*, et qui porte à l'Océan le tribut de la terre.

Bassins hydrographiques.

L'ensemble des pentes, d'où découlent les ruisseaux et rivières qui se jettent dans un certain fleuve, s'appelle le bassin de ce fleuve, ou sa région hydrographique. Les bassins des deux fleuves se touchent souvent de très-près. En Amérique, le *Cassiquiari* et diverses autres rivières réunissent même le bassin de l'Orénoque à celui de l'Amazone (1). En Europe, les sources de la Duna, du Nié-

(1) *Condamine*, Voyage de la rivière des Amazones, p. 119. *Hartsink*, *Humboldt*, etc.

men et du Borysthène se confondent presque dans une plaine marécageuse. La géologie s'est beaucoup occupée des *bassins ;* ordinairement, les couches minérales et les pétrifications d'un même bassin offrent une certaine analogie. Mais il serait (selon la sage observation de M. Desmarets) aussi essentiel de bien distinguer les massifs hydrographiques ou les groupes des montagnes qui fournissent des eaux à un certain nombre de rivières, de quelque côté que coulent celles-ci, et qui ne reçoivent point d'eau d'aucune autre part. La connaissance des massifs est nécessaire pour expliquer la nature des rivières. Les terrains calcaires fournissent des eaux d'une nature bien différente de celles qui descendent des glaciers à travers les sables ou les argiles. L'élévation des sources détermine la quantité de la pente, et celle-ci influe sur la course rapide ou tranquille, régulière ou vagabonde, des fleuves et des rivières.

Massifs ou plateaux hydrographiques.

Lits de fleuves.

Les lits des fleuves sont la partie la plus basse des grandes fentes, dues à la même révolution qui a produit les montagnes. Sans doute, les eaux atmosphériques ont pu faire descendre une partie des terres meubles adossées aux flancs des montagnes; elles ont pu, par leurs sédimens, former les plaines horizontales qui occupent le fond de certaines vallées (1); mais jamais un fleuve n'aurait pu s'ouvrir, par ses seules forces, une route à travers les roches solides, comme celles qui bordent le Haut-Rhin, s'il n'en eût pas trouvé devant lui l'ébauche. Aujourd'hui, les eaux courantes rongent et dégradent sans cesse leurs lits et leurs rives dans les lieux où elles ont beaucoup de pente; elles se creusent des routes plus profondes dans les montagnes composées de pierres d'une dureté moyenne; elles entraînent des pierres, et en forment des atterrissemens dans la partie inférieure de leurs cours; ainsi leurs lits s'exhaussent souvent dans les plaines, tandis que dans

(1) Comp. *Saussure*, Voyages, §§ 648, 920. *Delamétherie*, § 1618. (Pour l'action des fleuves: *Bourguet*, Lettres philosoph., 181. *Voigt*, Mémoires minéralog., vol. III, Mémoire sur la formation des vallées.)

les montagnes ils deviennent plus profonds. Mais ces changemens, répétés pendant des milliers de siècles, ne feraient que façonner les bords du lit; ils ne le créent point.

Dans les commencemens, la pente du terrain peut seule déterminer les eaux à couler; mais lorsqu'une fois l'impulsion s'est communiquée à la masse, la pression seule de l'eau la fait couler, la pente fût-elle même nulle. Plusieurs grands fleuves coulent en effet avec une pente presque insensible. L'Amazone n'a, sur 200 lieues marines, que 10 pieds et demi de pente, ce qui fait $\frac{1}{27}$ de pouce sur 1000 pieds (1). La Seine (2), entre Valvins et Sèvres, a, sur 1100 toises, un pied de pente; la Loire en a, entre Pouilly et Briare, un pied sur 1250; mais entre Briare et Orléans, seulement un pied sur 2266. En Ostfrise, deux petites rivières voisines ont offert, l'une $\frac{1}{6}$ de pouce, l'autre un $\frac{1}{5}$ de pente sur 1000 pieds (3). La Marwede, entre Herdinxveld et Dordrecht, baisse d'un pouce sur 1125 pieds; mais entre Dordrecht et la mer, seulement d'un pouce sur 9000 pieds (4). Même les rivières les plus rapides ont une moindre pente qu'on ne le pense communément. Le Rhin, entre Schaffouse et Strasbourg, descend 4 pieds par mille géographique; entre Strasbourg et Schenckenschantz, 2 pieds. C'est pour la même raison qu'un fleuve peut quelquefois en recevoir un autre presque aussi grand que lui, sans élargir considérablement son lit; l'augmentation de masse accroît seulement la rapidité de la course. Quelquefois, une rivière qui tombe dans une autre sous un angle très-aigu et qui a beaucoup de rapidité, oblige la première à rebrousser chemin et retourner vers sa source pendant quelques instans. C'est ce qui est arrivé plus d'une fois au Rhône,

Pentes des rivières.

(1) *Condamine*, l. c., p. 134. (2) *Picart*, Traité du nivellement, p. 152, etc., etc. (3) *Brahm*. Principe d'hydraulique, § 208 (en all.).

(4) *Velsen*, Rivierkundige verhandeling (traité sur les rivières), p. 126 (en hollandais). Comp. l'hydraulique générale de *Wiebeking*, en allemand.

près Genève ; l'impétueuse Arve, qui descend des montagnes de la Savoie, gonflée au-delà de son ordinaire, a fait refluer dans le lac de Genève les eaux plus tranquilles du Rhône ; on vit les roues des moulins tourner en arrière (1).

Fleuves sans embouchure.

Quelques fleuves n'ont point d'écoulement, les causes en sont aisées à découvrir. Le terrain ayant peu de pente, ne leur donne pas une assez grande force d'impulsion ; des sables leur opposent une lente et perfide résistance. Quelquefois ces eaux sont vaporisées par le soleil, comme c'est le cas avec beaucoup de rivières d'Arabie et d'Afrique. Plus souvent ces rivières s'écoulent dans des étangs, dans des marais ou dans des lacs salés.

Cataractes et cascades.

Les fleuves qui descendent des montagnes primitives dans les terrains secondaires, font souvent des *sauts* ou des *cataractes*. Telles sont les cataractes du Nil, du Gange, et quelques autres grands fleuves qui, selon *Desmarets*, marquent évidemment les limites de la terre ancienne. Les cataractes sont aussi formées par des lacs ; le *saut de Niagara* en offre un magnifique et célèbre exemple. Mais ce sont les rivières rapides, ombragées d'arbres ou bordées de roches à pic, qui forment les chutes les plus pittoresques ; tantôt c'est une masse d'eau qui, avant d'arriver à terre, se disperse en une pluie fine, comme le *Staubbach* ; tantôt c'est un arc d'eau, projeté en avant d'une muraille de rocher, et sous laquelle on passe à pied sec, comme le *Falling-spring* de Virginie : ici, dans le terrain granitique, on voit le Trolhetta et le Rhin, encore jeune, presser leurs flots écumeux entre les rochers pointus ; là, dans les terrains calcaires, ce sont la Czettina et la Kerka qui, tombant de terrasse en terrasse, présentent tantôt une nappe, et tantôt une muraille d'eau (2). Il y a des cascades magnifiques, créées, du moins en partie, par la

(1) *Saussure*, Voyages, § 16. (2) *Herbinis*, Dissertatio de admirandis mundi cataractis, suprà et subterraneis. Amsterdam, 1678, in-4°. Voyages de *Fortis*, *Carver*, etc., etc.

main des hommes : ainsi, on attribue au pape Clément VIII la naissance des cascades du Velino près Terni (1). D'autres cataractes, comme celles de la Tunguska, en Sibérie (2), ont successivement perdu de leur élévation par la dégradation des rochers, et ne sont plus que des descentes rapides.

On a généralement exagéré la hauteur des cataractes. Celle de Tequendama, formée par le Rio-de-Bogota, en Amérique méridionale, évaluée par Bouguer à 1500 pieds, n'en a pas 600, selon Humboldt (3); et la plus haute chute connue, celle de Staubbach, au lieu de 1100, n'en a que 900, conformément à des mesures trigonométriques (4). Hauteur de cataractes.

Lorsque le terrain n'offre pas une falaise brusque, mais seulement une pente très-rapide, et lorsqu'en même tems le lit de la rivière est resserré par des rochers, les eaux acquièrent par la compression une force étonnante. *Winterbotham* rapporte que la rivière du Connecticut, dans les Etats-Unis, à 40 lieues de son embouchure, est tellement comprimée entre des rochers, qu'elle porte des morceaux de plomb comme si c'était du liége, et que, malgré les plus grands efforts, l'on ne peut pas faire entrer une pointe de fer dans l'eau. Ceci paraît exagéré.

Les crues périodiques du Nil étaient regardées comme un phénomène unique et comme un des plus grands mystères de la nature, jusqu'à ce que les Européens modernes, en pénétrant dans la zone torride, presque inconnue aux anciens, découvrissent que cette merveilleuse qualité appartenait à beaucoup d'autres fleuves que le Nil. Crues périodiques des rivières.

On sait aujourd'hui que, dans tous les pays situés entre les deux tropiques, il pleut continuellement pendant un certain tems de l'année. L'époque varie selon les circonstances locales ; mais il suffit de savoir que la zone

(1) Opere di monsignor *Claudio Todeschi* (Rome, 1779), tome II, p. 77. (2) *Isbrand Ides*, Voyages au Nord, VIII, 54 *sqq.* *Muller*, Recueil pour l'histoire russe, VIII, 100, 118 *sqq.* (en all.)

(3) *Bouguer*, Voyages au Pérou, p. 91. *Humboldt*, Vues des Cordillières, p. 22. (4) *Wyttenbach* et *Wolf*, voy. Storr, voyage des Alpes, I, 114, 115 (en all.).

torride, privée en grande partie du bienfait des neiges et des glaciers, en est dédommagée par des pluies immeuses qui, toutes à la fois, se versent par torreus sur ces climats brûlés peudant la saison sèche. Alors tous les lacs, tous les fleuves s'enfleut et se débordent.

Crues des rivières parallèles à l'équateur.

Si une rivière, soumise à l'influence de ces pluies tropiques, coule le long d'une plaine, et dans une directiou parallèle à l'équateur, ses eaux débordées doiveut se répandre avec une certaine égalité sur toute l'éteudue de ses rives. Tel est en grande partie le cas de l'*Orénoque* en Amérique, du *Sénégal* et probablement du *Niger* en Afrique.

Crues des rivières courant du nord au sud, ou vice versâ.

Si au contraire une telle rivière coule d'un terrain fort élevé, d'un massif de montagnes vers des plaines et des vallées basses; ou si la direction de sa course est perpendiculaire à l'équateur, c'est-à-dire, nord et sud; alors il est évident que l'action des pluies tropiques aura lieu dans des proportions très-inégales sur les différentes parties de cette rivière; il est également nécessaire que le trop plein des eaux se porte presque tout entier sur les parties plus basses du territoire riverain. Voilà justement ce qui arrive dans les crues du Nil: ce fleuve, comme les anciens l'avaient dit, et en dépit de l'anglais *Bruce*, descend des montagnes de la Lune, qui font probablement partie d'un centre ou plateau très-élevé, occupant le milieu de l'Afrique, et prolongé surtout vers l'est et le sud. En Asie, les fleuves de Siam et de Cambodja coulent presque sous les mêmes latitudes que le Nil, mais dans un sens opposé : c'est du nord au sud. Ces deux fleuves ont des crues qui ressemblent à peu près à celles du Nil. L'Inde, le Gange, et en général tous les fleuves qui coulent entre les tropiques, présentent ce même phénomène avec des variations qui dépendent des localités. Aucune rivière, hors de la zone torride, n'est sujette à des crues régulièrement périodiques; les débordemens qu'on éprouve dans les zones tempérées dépendent uniquement de la fonte des neiges dans le printems, et

de la quantité des pluies tombées sur les montagnes (1).

Fleuves qui se perdent sous terre.

Les fleuves qui se perdent sous terre ont excité la curiosité des anciens et des modernes. Les poëtes ont célébré l'Alphée, qui, selon eux, passe de Péloponèse en Sicile, sous la mer Ionienne, pour venir confondre ses flots amoureux avec ceux d'Aréthuse. Les anciens ont indiqué un grand nombre de rivières qui se perdent sous terre, pour reparaître à un niveau plus bas (2). Mais ce phénomène, qui tient la plupart du tems à celui des cavernes souterraines, n'a été examiné de sang froid que par les modernes.

Causes de ce phénomène.

Une rivière rencontre dans son cours un banc de roches solides qui barrent son lit; sous ces roches, s'étend une couche de substances plus molles; les eaux, en les rongeant, se frayent une route souterraine plus ou moins longue. Telles sont les causes qui ont formé *la perte du Rhône*, entre Seyssel et l'Ecluse (3); le *pont de Véja*, près Vérone, dont l'arc a plus de 114 pieds d'élévation (4); et surtout le magnifique *Rockbridge* en Virginie, voûte étonnante, qui réunit deux montagnes séparées par un ravin de 270 pieds de profondeur, dans lequel coule le *Cedercreek* (5). Il se peut que la chute d'un rocher forme des ponts naturels comme celui d'Icononzo au Mexique. On a vu, dans la Louisiane, des arbres, ou plutôt des forêts entières, tomber sur une rivière, se couvrir peu à peu de terre végétale, et donner ainsi naissance à un pont naturel qui, pendant des lieues, dérobe à la vue le cours du fleuve. Enfin, la Guadiana voit ses eaux s'éparpiller et s'infiltrer dans des terrains sablonneux et marécageux, d'où elles ressortent plus abondantes. La France offre en

(1) *Varenius*, Géographie générale, ch. 16, prop. 20. *Lulof*, Géographie-Physique, II, 202 (en all.). *Bergmann*, Géographie-Physique, I, 387 *sqq.* (en suéd.). (2) *Plin.*, II, 103. *Sen.*, Quæst. nat., III, 26. *Strab.*, l. IX, 424; XI, 518, ed. Alm. *Mœbius*, Dissert. de fluviis qui intercidunt et enascuntur. (3) *Annales des Voyages*, IV, 81.

(4) *Z. Betti*, Descrizione d'un maraviglioso ponte, 1766. *Fortis*, dans le *Giornale d'Italia*, VI, 241.

(5) *Jefferson*, Notes sur la Virginie.

petit beaucoup d'exemples de ces diverses espèces de fleuves qui se perdent (1).

Embouchure des fleuves. En s'écoulant dans la mer, les fleuves offrent encore des phénomènes variés et intéressans. Un très-grand nombre forment des *barres de sable*, comme le Sénégal et le Nil. D'autres, comme le Danube, s'élancent avec une telle force dans la mer, que l'on peut, pendant un certain espace de tems, distinguer les eaux fluviatiles de celles de la mer. La petite rivière Syre, en Norwège, fait remarquer ses eaux, sinon à deux lieues dans la mer, du moins à une distance considérable (2). Ce n'est guère qu'au moyen d'une embouchure très-élargie, comme celles de la Loire, de l'Elbe ou de la Plata, qu'un fleuve peut se réunir tranquillement à la mer. Cependant, les fleuves même de cette nature éprouvent quelquefois l'influence supérieure de la mer, qui refoule leurs eaux dans leur lit. Ainsi, la Seine forme à son embouchure une *barre d'eau*; ainsi, la Garonne, ne pouvant verser assez rapidement les eaux qu'elle accumule dans l'espèce de golfe qu'elle forme entre Bordeaux et son embouchure, voit cette montagne aquatique, arrêtée par la marée montante, rouler en arrière, inonder les rivages et ballotter les navires; ce phénomène,

Le mascaret. nommé le *mascaret*, n'est qu'une barre d'eau refoulée.

Le plus beau phénomène dans ce genre est celui qu'offre le géant des fleuves, l'Orellana, dit la rivière des Amazones. Deux fois par jour il verse ses ondes, ou, pour mieux dire, ses mers prisonnières dans le sein de l'Océan.

Le pororoca. Une montagne liquide s'élève à une hauteur de 30 toises. Elle se rencontre assez souvent avec la marée montante de la mer; le choc terrible de ces deux masses d'eau fait trembler toutes les îles d'alentour; les pêcheurs, les navigateurs s'éloignent avec effroi. Le lendemain ou le surlendemain de chaque nouvelle ou pleine lune, tems où les marées sont les plus fortes, l'Orellana semble aussi re-

(1) *Guettard*, Mém. de l'Académie, 1758.
(2) *Pontoppidan*, Hist. nat. de la Norwège, I, 145.

doubler de puissance et d'énergie. Ses eaux et celles de l'Océan se précipitent au combat comme deux armées ; les rivages sont inondés de leurs flots écumeux ; les rochers, entraînés comme des galets légers, se heurtent sur le dos de l'onde qui les porte. De longs mugissemens roulent d'île en île. On dirait que le génie du fleuve et le dieu de l'Océan se disputent l'un à l'autre l'empire des flots. Les Indiens désignent ce phénomène sous le nom de *pororoca*.

Les recherches qu'on a faites sur la masse d'eau que roulent les fleuves, ainsi que sur l'espace qu'ils parcourent dans un tems donné, n'ayant amené ni ne pouvant amener aucun résultat général et positif (1), nous passerons à la théorie des lacs.

On appelle *lacs* des amas d'eau, entourés de tous côtés de terres, et n'ayant aucune communication immédiate avec l'Océan ou avec une autre mer. Les lacs sont de quatre espèces distinctes. Lacs.

La *première classe* comprend ceux qui n'ont point d'écoulement et qui ne reçoivent point d'eaux courantes. Ces *étangs* sont ordinairement très-petits, et ne méritent généralement que peu d'attention. Quelques-uns, comme celui d'*Arendt* dans la ci-devant Vieille-Marche, sont formés par l'affaissement des terres circonvoisines (2) ; d'autres, comme le lac Albano, près Rome, paraissent être d'anciens cratères de volcans, remplis d'eau. Lacs absolument isolés.

La *deuxième classe* renferme les lacs qui ont un écoulement, mais qui ne reçoivent aucune eau courante. Un tel lac est formé par une source, ou plutôt par une multitude de sources, qui, placées à un niveau plus bas, dans une espèce d'entonnoir, sont obligées de remplir celui-ci avant de trouver un écoulement pour leurs eaux. Ces lacs cependant sont toujours nourris par de petits filets d'eau, presque invisibles, qui descendent des terrains d'alentour, ou bien par des canaux souterrains. Lacs qui ne reçoivent point d'eau courante.

(1) *Riccioli*, Géog. réform., X, c. 7. *Lulof*, Géog.-Phys., §§ 338-392. *Mariotte*, Traité du mouvement des eaux, etc., etc. (2) Les mémoires cités dans *Kant*, Géographie-Physique, III, part. I, p. 92.

Quelques grands fleuves ont de semblables lacs pour source. Ces lacs sont naturellement situés à de grandes élévations ; il y en a un sur le *monte Rotondo* en Corse, qui se trouve à 9294 pieds au-dessus de la mer.

Lacs qui reçoivent et émettent des eaux.

La *troisième classe* de lacs est très-nombreuse ; nous y plaçons ceux qui reçoivent et émettent des eaux courantes. Chaque lac peut être regardé comme un bassin qui reçoit les eaux voisines ; il n'a ordinairement qu'un seul débouché, et celui-ci porte presque toujours le nom de la plus grande des rivières qui s'y sont jetées. Mais on ne saurait pas dire proprement que ces rivières *traversent* les lacs ; leurs eaux se mêlent avec celles du bassin où elles se répandent (1). Ces lacs ont souvent des sources propres, soit près des bords, soit dans leur fond.

Il y a quatre à cinq lacs de cette classe, dans l'Amérique septentrionale, qui, par la grandeur, ressemblent à des mers, et qui cependant, par l'écoulement continuel et l'apport des nouvelles eaux fluviatiles, conservent leur limpidité et leur douceur.

Lacs sans débouché.

La *quatrième classe* des lacs offre des phénomènes beaucoup plus difficiles à expliquer. Il s'agit des lacs qui reçoivent des rivières, souvent même de grands fleuves, sans avoir aucun écoulement visible. Le plus célèbre parmi ces lacs est la mer Caspienne ; l'Asie en contient encore beaucoup d'autres. Le Niger, s'il n'atteint pas la mer, s'écoule plutôt dans un lac semblable que dans un marais. L'Amérique méridionale contient le lac Titicaca, qui est sans écoulement, quoiqu'il en reçoive un autre assez considérable. En un mot, ces lacs semblent appartenir à l'intérieur des grands continens ; ils s'y trouvent placés sur des plaines élevées, mais qui n'ont aucune pente sensible vers les mers ; ce qui ne permet pas à ces amas d'eau de se frayer un chemin pour s'écouler.

Ces lacs recevant toujours de l'eau, et n'en ayant aucun débouché, pourquoi ne débordent-ils pas ? On peut ré-

(1) *Saussure*, Voyages, § 10.

pondre, quant à ceux qui sont situés sous un climat chaud, que l'évaporation, comme *Halley* l'observe, suffit pour les débarrasser de leur trop plein. Reste à savoir si les calculs de ce célèbre Anglais peuvent, avec justesse, s'appliquer à des climats aussi froids que, par exemple, celui de la mer Caspienne. Observons d'abord qu'on a exagéré la quantité d'eau versée dans ce bassin par les fleuves ; il n'y a d'autres grandes rivières que le Wolga, le Iaik et le Kur qui s'y écoulent; le reste n'est composé que de petits ruisseaux. Ajoutons que toute la côte orientale verse à peine un ruisseau dans cette fameuse mer. Remarquons encore (car rien n'est à négliger dans la géographie-physique) que le Wolga, peu profond, semble s'imbiber dans les terres qui en bordent le cours ; c'est la cause de l'humidité et de la fertilité qui distinguent ces terrains des landes voisines. Enfin, si l'on s'obstinait à supposer une espèce de disproportion entre l'étendue de la mer Caspienne et son évaporation, d'un côté, et le volume d'eau qu'elle reçoit de l'autre (ce que nous sommes loin d'accorder), on pourrait encore admettre, jusqu'à un certain point, l'imbibition de ses eaux dans les montagnes calcaires qui la bordent vers le midi et vers le sud-est. On sait combien les terrains de cette nature sont poreux et spongieux. Tous les rapports s'accordent à nous décrire les montagnes au sud de la Caspienne, encore plus pénétrées d'humidité et plus riches en sources que celles de la Mingrélie même ; ce qui prouve ou l'imbibition, ou, ce que nous aimerons mieux, une très-forte évaporation. L'insalubrité de l'air, près de ces lacs, est encore une circonstance qui milite en faveur de l'opinion de *Halley* (1).

Sur l'évaporation et l'infiltration de ces lacs.

Les phénomènes physiques qu'offrent certains lacs ont de tout tems excité l'étonnement de la multitude. Les *lacs périodiques* sont les plus communs. Ceux que l'abondance des pluies fait naître, et que le soleil, l'évaporation ou l'infiltration dessèche, paraissent peu dignes de notre at-

Lacs périodiques.

(1) *Bergmann*, Géographie-Physique, I, § 88; II, § 106.

tention : ce ne sont en Europe que des mares ; mais, entre les tropiques, ces mares couvrent quelquefois des espaces de plusieurs centaines de lieues de long et de large : tels sont les fameux lacs de *Xarayes* et de *Paria*, tour à tour inscrits et effacés sur les cartes d'Amérique ; il est probable que l'Afrique en offre beaucoup d'exemples. Si maintenant il existe, dans les nombreuses cavités de la terre, des lacs souterrains de cette espèce, et si ces lacs communiquent avec d'autres lacs visibles, il est facile de concevoir que les eaux de ces derniers peuvent quelquefois disparaître entièrement, en se perdant dans le bassin des lacs souterrains desséchés. Ce bassin venant de nouveau à se remplir, les eaux en ressortent pour remplir le bassin supérieur. Si, dans un semblable système de cavités souterraines, le dernier chaînon se trouve être un amas d'eau souterraine, situé à un niveau élevé, dans le sein d'une montagne, le retour périodique des eaux dans le bassin visible peut être accompagné d'un mouvement semblable à celui des fontaines jaillissantes. C'est par ces sortes de jeux d'hydraulique que la nature entretient les merveilles du lac de Cirkuitz en Illyrie, et de beaucoup d'autres de la même espèce.

Si les périodes sont régulières.

La prétendue régularité de ces retours périodiques, attribuée entre autres au lac de *Kanten* en Prusse, n'est pas appuyée sur des témoignages authentiques. En comparant les observations faites depuis 1715, sur la mer Caspienne, on reste convaincu que ce grand lac augmente et diminue de 5 à 6 toises, selon l'abondance des neiges et des pluies dans les contrées dont il reçoit les eaux ; mais on voit aussi que ces changemens ne suivent aucune période fixe (1). Des lacs, alimentés par la fonte des neiges, peuvent même changer de niveau le matin et l'après-midi, selon que l'action du soleil agit plus ou moins sur les montagnes voisines. C'est ainsi qu'on doit expliquer, ce nous

(1) *Rytchkow*, Topographie d'Orenbourg (trad. all.), I, 166-167. *Pallas*, Voyage dans la Russie méridionale, I, 434 (en all.).

semble, les *seiches*, ou hausses et baisses périodiques du lac de Genève (1).

Les mouvemens des lacs qui ne dépendent point d'une augmentation de volume des eaux, présentent des questions très-compliquées. Nous doutons qu'il y ait des lacs qui communiquent sous terre avec la mer, et qui doivent à une semblable communication des marées régulières. L'équilibre de l'atmosphère, dérangé par l'électricité ou par d'autres causes, peut faire soulever l'eau en changeant la force de pesanteur qui la retient à son niveau. Il y a, dans le lac Huron, une baie où séjournent perpétuellement des nuages électriques; aucun voyageur ne l'a traversée sans entendre gronder le tonnerre (2). Dans le Portugal, il y a un étang près Beja, dans l'Alentejo, qui, par ses mugissemens effroyables, annonce l'approche d'un orage (3). D'autres lacs paraissent agités par le dégagement des gaz souterrains, ou par des vents qui roulent dans quelque caverne avec laquelle le bassin communique. Près Boleslaw en Bohême, un lac dont on n'a pu trouver la profondeur, émet quelquefois, dans l'hiver, des vents assez forts pour soulever en l'air des morceaux de glace pesant plusieurs quintaux (4). Deux lacs considérables, le *Lomond* en Écosse, et le *Wetter* en Suède, éprouvent souvent, par le plus beau tems, des agitations violentes. Dans la Marche moyenne de Brandebourg, l'étang de Krestin commence souvent, par un tems tranquille, à bouillonner en tourbillons qui engloutissent les barques des pêcheurs (5). Peut-être la décomposition des pierres calcaires influe-t-elle sur quelques-uns de ces phénomènes.

Lacs qui se soulèvent, qui bouillonnent, etc.

Parmi les considérations générales sur les lacs, les *îles flottantes* occupent, chez quelques géographes, un grand espace. Mais lorsqu'on considère, d'un côté, combien il y a de marais presque inaccessibles, toujours nageans dans

Îles flottantes.

(1) *Jallabert*, Mém. de l'académie des Sciences de Paris, 1741, p. 32. Comp. *Saussure*, §§ 20-25. (2) *Carver*, Voyage dans l'intérieur de l'Amérique, etc. (3) *Burges*, cité par *Bergmann*, Géog.-Physiq., § 90.
(4) Acta erudit., 1682. (5) *Bernouilli*, Archives des voyages, I, 325.

l'eau, et cependant couverts de broussailles et même d'arbres; quand, de l'autre côté, on regarde ces couches de végétaux, ces immenses forêts qu'on trouve ensevelies, et très-récemment ensevelies dans les tourbières, alors on peut aisément se former une idée de ces *îles flottantes* que quelques géographes nous citent comme des merveilles de la nature. Ce sont tout simplement des terrains d'une nature tourbeuse, mais très-légère, quelquefois seulement tissus de roseaux et de racines d'arbres : après avoir été minés par les eaux, ils se détachent du rivage; et à cause de leur grande étendue, jointe à une épaisseur très-mince, ils restent suspendus et flottans à la surface des eaux (1). Le charmant *Loch-Lomond*, en Ecosse, doit contenir quelques-unes de ces îles flottantes qui, en général, paraissent ne pas être rares en Ecosse et en Irlande. Près Saint-Omer, dans le ci-devant Artois, un petit lac est couvert d'îlots semblables. Les lagunes de Comacchio en offrent un grand nombre (2). Les plus considérables qu'on cite sont celles du lac de Gerdau, en Prusse, qui servait de pâturage à un troupeau de 100 têtes, et celle du lac de Kolk, au pays d'Osnabruck, couverte de très-beaux ormes (3).

Iles flottantes périodiques.

Il y a des îles flottantes qui tour à tour se montrent et disparaissent. Le lac Râlang, dans la Smalande, province de Suède, renferme un îlot flottant qui, depuis 1696 jusqu'en 1766, s'est montré dix fois, généralement aux mois de septembre et d'octobre (4). Il avait 280 pieds de long et 220 de large. Il y a une île semblable en Ostrogothie.

Iles flottantes qui se fixent.

Les îles flottantes peuvent avoir influé sur la formation du globe. Celles que Pline et Sénèque virent flotter dans les lacs de Bolsena, de Bressanello et autres, sont devenues fixes. L'Ostfrise renferme un lac souterrain qui paraît avoir été couvert d'îles flottantes qui, successive-

(1) *Plin.*, Hist. natur., II, c. 95. (2) *Girolamo Silvestri*, Traité des îles flottantes, anciennes et modernes (en ital.) (3) *Kant*, Géographie-Physiq., II, part. I, p. 114. (4) *Bergmann*, Géog.-Phys., II, 238.

ment réunies, ont fini par former une croûte solide (1).

Température des lacs.

L'ombre des forêts épaisses ou des hautes montagnes peut empêcher certains lacs, comme le Loch-Wyn d'Écosse, de se débarrasser des glaces perpétuelles qui les couvrent en tout ou en partie. D'autres lacs, toujours remués par des vents ou agités par les rivières qu'ils reçoivent et les sources qui les alimentent, bravent toutes les rigueurs d'un climat glacial. Le phénomène le plus extraordinaire serait de voir des lacs se geler pendant l'été; on l'a dit de quelques-uns de la Chine, et on en a cherché la cause dans la nature saline du terrain voisin; mais le fait paraît avoir été mal observé ou mal rendu (2).

La *profondeur* des lacs varie à l'infini, et ne peut être un objet de la géographie-physique générale. Nous devons nous borner à contredire l'opinion populaire sur des lacs sans fond; ceux qu'on a jugés tels ne doivent cette réputation qu'à des courans qui emportent les sondes. Mais on ne doit pas reléguer parmi les fables les lacs à doubles fonds, qu'on dit exister dans la Jemtie en Suède, et ailleurs (3). On conçoit qu'une croûte formée d'un tissu de racines semblable aux îles flottantes, peut exister au fond d'un lac, et, en se soulevant ou s'abaissant, en faire varier, en apparence, la profondeur.

Lacs à doubles fonds.

Nature chimique des eaux.

Telles sont les principales observations à faire sur la naissance et le mouvement des sources, des rivières et des lacs. Nous allons les considérer sous le rapport de leur nature chimique.

Nous avons déjà remarqué la propriété que possède l'eau, d'absorber l'air atmosphérique. On estime que l'eau douce tient ordinairement en dissolution $\frac{1}{30}$ de son poids d'air. Il lui faut un certain tems pour s'en saturer, et tous les élémens qui composent l'air ne sont pas absorbés par l'eau avec la même promptitude. L'oxigène pur s'y insinue et s'y unit le plus facilement. La bonne qualité des eaux douces consiste à être complètement saturées d'oxigène, qui doit

(1) Annales de la monarchie prussienne, 1799, p. 292 (en all.)
(2) Mém. de l'académie des sciences, 1712. (3) Bergmann, § 93.

être souvent renouvelé par le roulement et l'agitation de ces eaux. Leur mauvaise qualité provient ou de l'altération, ou de la surabondance d'oxigène; l'une et l'autre annoncent la présence d'une substance hétérogène dans l'eau, capable d'absorber plus d'oxigène ou de l'altérer. Ces substances hétérogènes sont des sels terreux, du soufre, de la chaux, du gravier, du limon.

Influence des expositions sur les eaux. Ces principes, consacrés par la chimie moderne, peuvent faire croire que l'influence des expositions *locales* sur la nature des eaux est aussi puissante que nous l'indique *Hippocrate* (1). Les eaux exposées au *levant*, dit-il, sont limpides, inodores, molles et agréables à boire, parce que le soleil, à son lever, les corrige en dissipant les brouillards du matin qui auraient pu s'y mêler. Les eaux exposées au *couchant* manquent de cet avantage, et ne sont point limpides. Celles qui coulent vers le *midi* et sont exposées aux vents chauds, doivent être saumâtres, peu profondes, et par conséquent chaudes en été et froides en hiver, propres à énerver l'homme et à lui causer plusieurs maladies. Enfin, les eaux exposées au *nord* doivent généralement être froides, dures et crues; leur usage tarit le lait des femmes, et les rend stériles. Tel est le système d'*Hippocrate;* mais on ne doit pas, avec les aveugles hippocratistes, lui donner une application générale et exclusive; car il est lié à ses idées sur la nature particulière des vents, et ces idées ne contiennent que des vérités locales, applicables à la Grèce et à l'Asie mineure.

Eaux de marais. Les eaux de marais, d'étang, et toutes celles qui croupissent sur le terrain, faute d'écoulement, sont malsaines; elles tiennent en dissolution du gaz azote et hydrogène, provenant de la décomposition des plantes, des insectes, des poissons. L'atmosphère d'alentour se charge de ces gaz insalubres. Ceux qui habitent autour des eaux marécageuses et ceux qui en boivent, mènent une vie souffrante, restent sans forces, et vieillissent promptement.

(1) Traité des airs, des eaux et des lieux, §§ 9, 20, 22, 25, édit. de *Coray*.

Dans la Sologne, pour ne pas chercher des exemples lointains, l'humidité stagnante donne au peuple des visages pâles, des yeux languissans, une voix faible (1).

Les eaux stagnantes absorbent presque toujours une grande quantité d'air fixe ou d'acide carbonique; car ce gaz est porté par sa pesanteur vers la surface des eaux, et ne s'en dégage pas.

Les *eaux de collines et de montagnes* diffèrent en qualité, selon qu'elles filtrent à travers des bancs de roc vif, des schistes, des quartz, des sables qu'elles ne peuvent guère attaquer, ou qu'elles coulent sur des couches d'*argile glaise* qu'elles n'entraînent point ni ne dissolvent, ou qu'enfin elles traversent des terrains calcaires, marneux, gypseux, imprégnés de magnésie, de sel et de bitume. Celles-ci sont toujours très-mélangées de substances hétérogènes, et la plupart du temps dures, crues, troubles et peu saines, du moins pour l'usage journalier. Aussi Hippocrate, Homère et Plutarque en ont déjà condamné l'usage (2). Les eaux qui ont des argiles pour bases sont les plus communes de toutes; elles réunissent les qualités essentielles des eaux salubres. Celles qui coulent du roc vif sont encore plus pures et plus limpides, surtout lorsque le roulement et le frottement sur un lit pierreux leur fait éprouver une espèce de filtration. Eaux de collines et de montagnes.

Les eaux de *lacs*, étant apportées par les sources et les fleuves, en partagent les diverses natures. Il y a des lacs qui ont les eaux extrêmement limpides : tels sont le lac de Genève et celui de Wetter en Suède. Dans ce dernier on voit, à vingt brasses de profondeur, un denier au fond de l'eau. Mais les lacs qui ont les eaux dormantes ou salées, ou bitumineuses, méritent d'être regardés comme aussi dangereux et aussi nuisibles que les marais. Eaux de lacs.

Les *eaux de fleuves* contiennent, à la vérité, des élémens très-hétérogènes et qui semblent devoir se com- Eaux de fleuves.

(1) Mém. de la société royale de médecine, année 1776, p. 61-72.
(2) *Hippocrate*, l. c., § 35, et le commentaire de Coray, p. 107.

battre; mais c'est peut-être autant à cette destruction réciproque des germes nuisibles qu'au mouvement continuel, que les eaux fluviatiles doivent l'avantage de convenir au commun des hommes, et d'entretenir partout où elles coulent la fraîcheur de l'atmosphère. Cependant elles forment souvent un sédiment de gravier et de limon. Hippocrate prétend que leur usage produit, entre autres maladies, la pierre (1).

Eaux de puits. Les *eaux de puits* prennent souvent, par un trop long repos, les mauvaises qualités des eaux stagnantes.

Eaux de mer. L'*eau de mer* est pour nous un vomitif, et cependant les habitans de l'île de Pâques, dans la mer Pacifique, en font leur boisson ordinaire.

Eaux de pluie. Parmi les *eaux du ciel*, celles de *pluie* sont les plus saines à cause de leur douceur, subtilité et légèreté. Hippocrate a très-bien observé les procédés admirables que la nature emploie pour distiller les vapeurs enlevées à la terre par l'action du soleil. Ces vapeurs sont agitées et roulées en tous sens; leurs parties les plus troubles et les plus terreuses s'en séparent, et, abaissées par leur poids, forment les brouillards. Le reste, plus subtil, plus léger, est encore plus parfaitement dissous par la chaleur solaire. C'est de ce reste que se forment les gouttes de la pluie. Mais la première pluie qui tombe après une longue sécheresse, en traversant l'air, se charge de beaucoup de substances hétérogènes, et devient par conséquent très-impure avant d'arriver à la terre. Les pluies qui la suivent ne souffrent point de cet inconvénient; mais toute eau pluvieuse est sujette à se corrompre en très-peu de temps.

Eaux de neige et de glace. Les *eaux de neige* et *de glace* ont une origine très-différente de celle des eaux de pluie; car la neige et la glace se forment par la privation du calorique, et par conséquent manquent des parties les plus subtiles de l'eau : donc les eaux dans lesquelles ces substances se résolvent doivent être plus dures et plus lourdes que celles de pluie.

(1) *Hippocrate*, l. c., § 51, et le commentaire de Coray, 134.

D'après l'opinion la plus accréditée, ces eaux causent, à ceux qui les boivent, des goîtres et autres tumeurs (1).

Pesanteur des eaux.

Plus une eau est mélangée, et plus elle est pesante. Voici, d'après *Bergmann*, les rapports de quelques espèces d'eau :

L'*eau distillée* pèse.	1,000
L'*eau de source* la plus pure	1,001 à 1,005
L'*eau de rivière*	1,010
L'*eau de mer*.	1,012
L'*eau croupissante*.	1,102

Eaux minérales.

Après avoir considéré les qualités des eaux ordinaires, nous allons nous occuper des *eaux minérales*, c'est-à-dire de celles qui sont combinées avec quelques substances du règne minéral en quantité assez considérable pour leur donner le goût et la couleur dont l'absence est le caractère de l'eau douce. Ces substances étrangères s'y trouvent ou dans l'état d'une division mécanique très-subtile, ou dans celui d'une vraie dissolution chimique. Il est très-difficile d'en découvrir les exactes proportions, même en employant l'analyse la plus soignée (2). Aussi ne peut-on les classer que d'une manière peu rigoureuse.

Eaux acidulées.

Les acides se combinent facilement avec l'eau, mais ils s'emparent aussi rapidement de quelque substance saline, terreuse ou métallique, de sorte que les *eaux acidulées* ou *gazeuses* n'offrent presque jamais l'acide libre. On cite la source de Latera, à 32 milles de Viterbo, et celle de Selvena, à 46 milles de Siéna, où l'acide sulfurique libre est combiné avec l'eau (3). Les lacs de Cherchiaio, de Castel-Nuovo et de Monte-Rotondo, également en Italie, ont offert l'acide boracique libre (4); mais ce

(1) *Forster*, in Comment. de reb. in scient. natural. et medic. gestis, XXIV, 224. Comp. *ibid.*, suppl. Decad. I, p. 453.

(2) *Bergmann*, Géog.-Phys., §§ 73, 74, 75. Id. de Analysi aquarum in opusc. chimico-phys. I. Hydrologie de *Wallerius*, en suéd.; de *Monnet*, en français; d'*Otto*, en allemand. (3) *Vandelli*, de Thermis agri Patavini. *Bergmann*, I, 346. (4) *Lavoisier*, Traité élém. de chimie, I, 266. *Fourcroy*, Elémens de chimie, I, 500.

sont des cas rares. L'acide carbonique se trouve presque libre dans la source dite le *Sauerling*, près Carlsbad en Bohême (1). Les eaux de cette source contiennent une quantité d'acide égale à leur propre volume; celles de Selz n'en contiennent communément que $\frac{4}{9}$, celles de Pyrmont $\frac{5}{8}$, et celles de Spa $\frac{1}{4}$.

Eaux ferrugineuses.

Les eaux acidulées *ferrugineuses* ou martiales sont les plus communes; nous pourrions en compter quelques centaines en France et en Allemagne. L'acide y est combiné avec de l'ocre ferrugineuse; on y trouve de la magnésie, du sel de Glauber, de l'alcali végétal, du muriate de soude et d'autres substances, de sorte qu'on peut facilement les imiter. Bergmann en fabriquait, il y a quarante ans, pour son propre usage et pour celui de ses amis. Les eaux martiales simples, comme à Forges et à Aumale, sont encore plus communes. Celles de Passy contiennent du vitriol ou fer sulfuré, et deviennent noires avec des astringens végétaux.

Eaux amères.

Les *eaux amères* sont chargées de sulfate de magnésie; telles sont les eaux de Seidlitz et d'Epsom. Les stepps de la Sibérie, au nord-est de la mer Caspienne, sont semés de lacs de cette nature; ils forment presque une chaîne depuis le Kuma et le Bas-Wolga jusqu'au-delà du Jeniseï (2). A côté de ces étangs on en voit qui contiennent du natron ou de la soude carbonatée. La même abondance d'eaux amères se trouve dans les plaines de Hongrie. Ce trait serait-il commun à tous les bassins d'anciennes mers méditerranées?

Eaux alumineuses, savonneuses, etc.

Les eaux *alumineuses* sont assez peu nombreuses; on ne cite guère que celles de Bath en Angleterre, de Crems et de Halle en Allemagne (3), et deux ou trois en Russie. Les sources *savonneuses* doivent leurs propriétés à un peu d'argile, qui souvent flotte à la surface comme une graisse liquide.

La formation des eaux acidulées est une de ces opérations journalières de la nature que la science est parve-

(1) *Klaproth*, Mém. de chimie, I, 320. (2) *Georgi*, Description de la Russie, III, 23-26. (3) *Richter*, dans *Crell*, Annal. de chimie, 1788, cah. IV, p. 324.

nue à connaître. Les eaux courantes trouvent, dans le sein de la terre, des substances acidifères dont les acides se dégagent soit par leur affinité pour l'eau, soit par la fermentation qu'un acide plus fort cause parmi des acides plus faibles; ce procédé chimique se renouvelle perpétuellement; la chaux, qui contient jusqu'à deux cinquièmes de son poids d'acide carbonique, fournit abondamment aux eaux minérales cet acide qui en est la base générale (1). Les pyrites, très-répandues sur le globe, donnent par dégagement de l'acide sulfurique (2). Les eaux imprégnées de cet acide vont dissoudre le fer, la chaux, la magnésie, en un mot toutes les substances. La silice elle-même, qui a long-temps passé pour insoluble dans l'eau, s'est pourtant trouvée dissoute, non-seulement dans l'eau bouillante des terrains volcaniques, comme dans les sources de Geyser et Raikum, en Islande, mais même dans des sources d'une chaleur tempérée, et jusque dans les eaux communes (3). On avait d'abord cru que la silice ne devenait soluble que par sa combinaison avec l'alcali minéral, comme dans le Geyser; mais il a été prouvé qu'elle l'est par elle-même. Les eaux minérales ne restent pas dans cet état où les a mises une première opération chimique : en coulant ou en s'infiltrant, elles rencontrent tantôt un sel, tantôt un acide; et ces diverses substances, en s'unissant, en se séparant ou en se modifiant d'après leurs affinités avec la base des eaux minérales, leur communiquent les qualités qui en font varier à l'infini la nature chimique et médicale.

De la formation des eaux minérales.

Il s'en faut bien que toutes ces combinaisons soient bienfaisantes. Sans parler des vapeurs sulfureuses ou carboniques qui sortent de plusieurs eaux, il paraît très-certain qu'il y a plusieurs sources imprégnées de vapeurs arsenicales et mercurielles. Mais, la plupart du temps, on a sagement enseveli sous des amas de pierres ces affreux laboratoires

Eaux vénéneuses.

(1) *Bergmann*, Géog.-Phys., I, 370. (2) *Klaproth*, Mém. de chimie, I, 316. (3) *Bergmann*, Dissertat. sur la source d'Upsala. *Klaproth*, Mém. de chimie, I, 340 *sqq.*, 319.

où la nature elle-même fait le rôle d'empoisonneuse (1). Selon Bergmann, il faut, pour dissoudre l'arsenic, un volume d'eau 14 à 15 fois plus grand si elle est chaude, et 90 fois si elle est froide; circonstance qui, jointe à la rareté de ce minéral funeste, rend les sources arséniatées peu communes.

Eaux métallifères.

Nous connaissons déjà les *eaux simplement métalliques*, ou qui roulent des molécules de métal, lesquelles, n'étant pas combinées avec le fluide, se déposent successivement. Outre les eaux cémentatoires ordinaires qui donnent du fer et du cuivre, on en cite qui ont formé, dans une mine de Kongsberg, un dépôt de plomb argentifère. Les rivières aurifères ne tiennent pas même les molécules en suspension; elles roulent des parcelles d'or détachées de quelque rocher. Ces eaux ne sont pas minérales dans le sens propre du mot.

Eaux salées.

Les eaux *salées*, ou, pour parler avec les modernes, *muriatées*, sont peut-être les plus communes de toutes; mais elles existent rarement dans un état de pureté parfaite. Elles abondent le long des monts Carpathes, des monts Uraliens, et en général dans la zone comprise entre le 50[e] et le 30[e] parallèles de latitude septentrionale; plus au nord, elles manquent presque entièrement : plus au midi, le sel cristallisé abonde à la vérité en certaines régions, comme dans le grand désert d'Afrique; mais nous n'y voyons que peu de sources salées. C'est également dans la zone tempérée du nord que fourmillent les *lacs salés;* l'Asie centrale en est parsemée.

Leur origine

D'où vient cette nature saline qui caractérise la plupart des lacs sans écoulement? Les uns disent que le sol voisin de ces lacs a été primitivement imprégné de sel : c'est trancher le nœud; mais il serait difficile de montrer les énormes bancs de sel qu'exigerait cette hypothèse. D'autres regardent tous ces lacs salés comme des restes de l'ancien Océan, qui, pour le besoin de nos *théories de*

(1) *Varenius*, Géog. générale, ch. 17, prop. 12.

la terre, a dû jadis couvrir tout le globe. Mais pourquoi l'ancien Océan aurait-il spécialement affecté ces terrains ? Pourquoi tous les lacs ne sont-ils pas restés salés ou saumâtres par la même cause ? Enfin, des observateurs très-sages et circonspects, entre autres *Halley* (1), penchent à croire que tous les lacs qui reçoivent beaucoup d'eau douce, et qui se trouvent dans un état de stagnation, doivent prendre un goût saumâtre ou salin, par la corruption de leurs eaux et par la décomposition des matières animales et végétales que les fleuves y apportent. Il n'y a qu'une objection à faire : pourquoi la salure, et surtout l'amertume de ces lacs, n'augmentent-elles point ? Mais n'est-il pas possible de réunir, en quelque sorte, ces trois opinions ? Nous accorderons que l'ancienne mer ait couvert ces contrées ; mais nous la ferons disparaître par imbibition et vaporisation, et point du tout par un écoulement lent et subit ; nous dirons ensuite que des terrains plus compactes, plus glutineux, plus froids, en un mot, des terrains constitués d'une manière particulière, auraient pu retenir en plus grande quantité les molécules salines de l'ancienne mer, qui, d'ailleurs, s'étaient déjà cristallisées ; enfin, la décomposition des eaux douces et des matières animales ou végétales doit, de son côté, produire des sels. Quant à la question, pourquoi cette salure n'augmente pas, nous croyons qu'il est sage d'avouer qu'on n'en connaît point les causes.

Eaux chaudes sulfureuses.

La chaleur qu'éprouvent ordinairement les eaux *sulfureuses* ou chargées de gaz hydrogène sulfuré, a été expliquée de bien des manières ; l'opinion ordinaire attribue ce phénomène à la décomposition et à la combustion des pyrites sur lesquels elles passent ; mais il se pourrait aussi que des couches de charbon de terre enflammé y eussent une part active (2). Quoi qu'il en soit, les sources chaudes ou thermales sont un des phénomènes les plus curieux pour la géographie-physique. Leur chaleur s'élève quel-

(1) Philosoph. transact. (2) *Klaproth*, Mém. de chimie, I, 313.



quefois à un degré étonnant ; la source de Krabland, en Islande, va jusqu'à 103 degrés du thermomètre centigrade de Celsius. Les plus magnifiques de ces sources sont le *Geyser*, en Islande, qui s'élance aujourd'hui sous la forme d'une pyramide d'eau et d'écume haute de plus de 100 pieds, et le *Strok*, voisin du Geyser, qui jaillit comme un jet de pompe, à une hauteur encore beaucoup plus grande (1). Cette île polaire voit des ruisseaux d'eau chaude arroser ses rivages, ceints de glaces flottantes.

Eaux qui s'enflamment.

Il y a des eaux qui s'enflamment sans être chaudes. Tantôt elles contiennent des gaz inflammables dégagés des mines de fer, de zinc et d'étain, dissoutes par les acides sulfurique et muriatique ; telles sont les fontaines de Porretta-Nuova, de Barigazo et autres ; tel est le ruisseau près Bergerac, auquel on met le feu avec de la paille allumée (2). Tantôt ces eaux sont mélangées avec des bitumes, surtout du naphta et du petrole, qui en général flottent à leur surface, et brûlent au sein de l'eau ; c'est ce qu'on voit à Bakou et dans plusieurs endroits de la Perse. Le lac brûlant d'Islande paraît tenir au premier genre, et il n'est pas invraisemblable qu'il ait pu quelquefois s'enflammer de soi-même. Des personnes dignes de foi assurent avoir vu des feux follets voltiger à la surface du lac Wetter, en Suède.

Eaux pétrifiantes.

Les *eaux incrustantes* doivent être soigneusement distinguées des *eaux pétrifiantes*. Ces dernières, chargées de parties siliceuses extrêmement déliées, pénètrent les pores des bois et autres substances, et substituent aux élémens de ces corps d'autres élémens cristallins, arrangés et disposés de même. Cette vertu se montre plus forte qu'ailleurs dans le lac dit *Lough Neagh* en Irlande, et dans quelques sources peu nombreuses (3) ; mais la plupart des eaux la possèdent jusqu'à un certain degré : le Danube et le Prégel pétrifient dans le cours de quelques siècles les pieux qu'on y enfonce.

(1) Voyez ci-après la description de l'*Islande*. (2) Mémoires de l'acad. des sciences de Paris. ann. 1799, p. 26. (3) *Bruckmann*, Magasin de Hambourg, II, 156; IV, 503, etc.

Les *eaux incrustantes* agissent d'une manière plus manifeste, en déposant comme une croûte les parties terreuses dont elles sont chargées. La source de Guancavelica qui, en déposant des sédimens calcaires, fournit les moellons dont les villes voisines sont bâties; le bel albâtre que forment les bains de Saint-Philippe en Toscane, et une source chaude près de Tours ; les dépôts connus sous le nom de *dragées de Tivoli;* le magnifique bassin que les sources de Carlsbad se sont construit elles-mêmes, et beaucoup d'autres exemples que je pourrais citer, seraient inutiles pour éclaircir un fait aussi simple. Observons plutôt que cette qualité d'incruster, appartenant plus particulièrement aux sources chaudes, se trouve pourtant dans plusieurs eaux froides. Les dépôts ordinaires consistent en tuf calcaire; le Geyser dépose un tuf siliceux. Eaux incrustantes

Ces aperçus peuvent suffire pour la théorie des eaux douces et minérales rassemblées sur la terre ferme. Une plus vaste scène nous appelle : il faut parcourir l'immensité de l'Océan.

LIVRE TRENTE-SIXIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. De la Mer et des Eaux marines. Des Marées. Des Courans.

Vues générales. Les mers sont un des objets les plus importans de la géographie-physique. L'Océan, par ses exhalaisons qui rafraîchissent et humectent l'air, entretient la vie végétale, et fournit des alimens nécessaires à ces admirables canaux d'eau courante, qui, en coulant toujours, ne se vident jamais. Sans l'influence bienfaisante de ces vapeurs, qui, à chaque instant, s'échappent de la surface des mers, toute la terre languirait déserte et inanimée ; le desséchement de l'Océan, lent ou subit, suffirait probablement pour plonger dans le néant toute la nature organisée. Ce vaste amas d'eau sert également à engloutir et décomposer beaucoup de mauvais gaz et de débris, tant du règne animal que du végétal. Enfin l'Océan, en ouvrant un vaste champ au commerce, rend voisines des nations que tant d'immenses montagnes et tant de fleuves rapides semblaient pour toujours avoir séparées.

Nous avons parlé de l'aspect varié des côtes, qui sont les limites communes de la mer et de la terre. Quant au Fond du bassin de la mer. *fond* du bassin de la mer, il semble avoir des inégalités semblables à celles qu'offre la surface des continens ; mis à sec, il présenterait des montagnes, des vallées, des plaines ; il est d'ailleurs presque partout habité par une immense quantité d'animaux testacés, ou couvert par des sables et des graviers. C'est ainsi que *Donati* a trouvé le fond de la mer Adriatique ; la couche de testacés y a, selon lui, des centaines de pieds d'épaisseur (1). Le fameux plon-

(1) *Donati*, Storia naturale marina del Adriatico. *Marsigli*, Histoire physique de la mer.

geur *Pescecola*, que l'empereur Frédéric II engagea à descendre dans le détroit de Messine, y vit avec effroi d'énormes polypes attachés aux rochers, et dont les bras, de plusieurs aunes de long, étaient plus que suffisans pour étouffer un homme (1). En beaucoup d'endroits les madrépores forment comme une forêt pétrifiée, fixe au fond même de la mer; souvent aussi ce fond présente à nu diverses couches de roches et de terres. Le granite s'y élève en écueils pointus. Près Marseille, on extrait du marbre d'une carrière sous-marine. Il en jaillit même des sources d'eau douce et des sources bitumineuses : dans le golfe de la Spezia, on voit un grand jet d'eau douce s'élever comme une colline liquide (2). Des sources semblables fournissaient aux habitans de la ville d'Aradus leur boisson ordinaire (3). A la côte méridionale de Cuba, au sud-ouest du port de Batabano, dans la baie de Xagua, à deux ou trois milles nautiques de terre, des sources d'eau douce jaillissent avec tant de force du milieu de l'eau salée, que les petites barques n'en approchent pas sans danger ; plus on puise profondément, plus l'eau est douce (4).

Sources d'eau douce dans la mer.

On croit avoir observé que partout dans le voisinage des côtes hautes et escarpées, le fond de la mer aussi s'enfonce subitement à une profondeur considérable ; tandis que près d'une côte basse et en pente douce, la mer ne prend que peu à peu de la profondeur (5).

Il y a des endroits dans la mer où l'on n'a pas trouvé de fond ; mais il ne faut pas en conclure que la mer y soit réellement sans fond ; idée, sinon absurde, du moins peu conforme aux analogies de la physique. Les montagnes des continens semblent répondre à ce qu'on appelle les *abîmes* de la mer ; or, les montagnes les plus hautes ne s'élèvent pas à 20,000 pieds. Il est vrai qu'elles ont été

Profondeur de la mer.

(1) *Kircher*, Mundus subterraneus, l. II, c. 15.

(2) *Spallanzani*, Journal de physique, juillet, 1786. (3) *Strab.*, Géog., l. XVI, p. 753, édit. Casaub. 2°. Comp. *Plin.*, Hist. nat., V, 31; II, 103. (4) *Humboldt*, Tableaux de la nature, I, 235. (5) *Dampier*, Voyage autour du Monde, II, 119. *Pontoppidan*, Hist. nat. de la Norwége, I, 109 (en dan.).

dégradées par l'action des élémens : ainsi l'on peut croire que la mer n'a jamais au-delà de 30,000 pieds de profondeur ; mais il n'en faut pas le tiers pour qu'il soit impossible de trouver le fond avec nos petits instrumens. La plus grande profondeur qu'on ait essayé de mesurer, est celle trouvée dans l'Océan septentrional par le lord *Mulgrave*. Il laissa tomber une sonde très-pesante, et fila du câble jusqu'à 780 toises, ou 4680 pieds, sans trouver le fond.

Niveau des mers.

Le *niveau* des mers est, généralement parlant, le même partout ; cela provient de la pression égale en tous sens qu'exercent les molécules d'un fluide l'une sur l'autre. L'Océan, pris dans son ensemble, a donc une surface sphérique, ou plutôt sphéroïdique, qui peut être regardée comme la vraie surface de notre planète. Les golfes et les méditerranées, qui n'ont que peu de communication avec l'Océan, peuvent seuls faire une exception à cette thèse : dans ces parties de la mer, l'eau peut quelquefois être à un niveau un peu plus élevé que dans l'Océan. On prétend que les Hollandais ont trouvé le niveau du golfe de Zuyderzée considérablement plus élevé que la mer du Nord (1). Il paraît plus vraisemblable que le golfe Arabique soit plus élevé que la Méditerranée, et qu'en général les petites portions de mer ouvertes uniquement à l'est aient un niveau plus élevé à cause de l'accumulation des eaux poussées dans ces golfes, comme dans un cul-de-sac, par le mouvement général de la mer de l'est à l'ouest, mouvement dont nous parlerons plus loin. Il y a aussi des méditerranées où le niveau des eaux change avec les saisons : la Baltique et la mer Noire s'enflent au printems par la quantité d'eau que les grands fleuves leur apportent. Ces deux mers intérieures se rapprochent de la nature des lacs, qui ont ordinairement un niveau plus élevé que celui de l'Océan.

L'eau de mer contient, outre l'eau pure, plusieurs sub-

(1) *Varenius*, Géog. génér., p. 101, édit. de Newton.

stances étrangères, dans des proportions qui varient selon les endroits. L'acide muriatique ou marin, l'acide vitriolique ou sulfurique, l'alcali minéral fixe, la magnésie et la chaux sulfatée y entrent pour l'ordinaire. Par la cuisson ou l'évaporation, on en retire du sel commun (soude muriatée) qui est préféré, pour la salaison, au sel de sources. La salure et l'amertume des eaux de mer les rendent désagréables au goût et inutiles pour l'usage de l'homme. Nature chimique des eaux marines.

La salure de la mer semble en général être moindre vers les pôles que sous l'équateur. Cependant il y a des exceptions pour certains pays, et en général pour tous les golfes qui reçoivent beaucoup de rivières. Voici quelques observations sur cet objet, citées par *Bergmann* (1). Salure de la mer.

Près de l'Islande, la mer contient en sel.		$\frac{1}{12}$ à $\frac{1}{10}$ de son poids.
Près des côtes de Norwège, *mer du Nord* (2).		$\frac{1}{10}$ $\frac{1}{7}$
Dans le Kattegat, près Warberg (3).		$\frac{1}{16}$
Dans la mer Baltique.		$\frac{1}{30}$
Dans le golfe de Bothnie.		$\frac{1}{40}$ à $\frac{1}{30}$
Dans la mer du Nord,	près le Northumberland.	$\frac{1}{30}$
	près la Tamise.	$\frac{1}{29}$
	sur les côtes de Hollande.	$\frac{1}{32}$
Dans la mer d'Irlande, près Cumberland.		$\frac{1}{40}$
Dans le canal d'Angleterre.		$\frac{1}{30}$
Dans la mer Atlantique,	côtes de France.	$\frac{1}{32}$
	côtes d'Espagne.	$\frac{1}{16}$
Dans la Méditerranée,	près Castiglione.	$\frac{1}{24}$
	5 milles au nord de Malte.	$\frac{1}{27}$

L'eau de mer est, en plusieurs endroits, moins salée à sa superficie qu'au fond. Au détroit de Constantinople, la proportion est de 72 à 62; dans la Méditerranée, comme 32 à 29. On a trouvé, dit *Bergmann*, que dans l'Œresund, l'eau prise à la superficie, à 5 et à 20 brasses de profondeur, était à l'eau de neige fondue, comme 10,047, 10,060

(1) Géographie-Physique, I, 431. Comp. *Ingenhousz*, Expériences sur les végétaux, p. 284. (2) *Hierne*, Tentam. chem., II, 178.
(3) *Swedenborg*, Miscel., observat. 103.

et 10,189 à 10,000. L'eau doit être plus épaisse et plus pesante à une certaine profondeur, puisqu'elle peut se comprimer au point qu'à une profondeur de 1,800, elle doit être comprimée de $\frac{13}{1000}$ par son propre poids. En acquérant plus de salure, l'eau marine semble perdre, à une certaine profondeur, son amertume; c'est du moins ce que démontrent les expériences de Sparmann qui, ayant pris une bouteille d'eau de mer à 60 brasses de profondeur, lui trouva le goût d'eau douce dans laquelle on aurait dissous du sel commun. D'après l'analyse chimique, il y avait extrêmement peu de magnésie (1).

Variations de la salure des eaux marines.

L'eau de mer éprouve de grands changemens par l'agitation des flots, par la variation des saisons et par l'action des courans. Près de Walloë en Norwége, où il y a une saline, on a remarqué que l'eau de mer, prise à sa superficie, contient $\frac{1}{24}$ de son poids de sel au moment où les glaces se détachent, lesquelles occupent jusqu'à 30 pieds de profondeur; tandis que ce sel, dans toute autre saison, n'est en raison que de $\frac{1}{50}$. On éprouve sur les côtes de Cumberland, en Angleterre, une évaporation encore plus forte, puisqu'on a ordinairement $\frac{1}{45}$ de sel, et, après beaucoup de pluie, seulement $\frac{1}{50}$. Sur la côte de Malabar, l'eau marine devient quelquefois potable (2). Dans le Sund, les eaux changent de pesanteur et de salure avec les vents et les courans : viennent-ils de l'est? l'eau ne pèse que $\frac{47}{10000}$ plus que la neige fondue; arrivent-ils, au contraire, de l'ouest? l'eau pèse $\frac{126}{10000}$.

On prétend qu'en Islande la mer est plus salée pendant le flux que pendant le reflux, tandis que dans le golfe de Bothnie c'est justement le contraire; car les habitans y connaissent, par l'accroissement successif de la salure pendant le reflux, si le moment du flux approche. Dans ce même golfe, la salure de la mer est en général la plus grande vers le solstice d'hiver, et la plus petite vers celui

(1) *Bergmann*, dans le Magasin de physique de Gotha, II, cah. I, p. 99-101 (2e édit. allem.). (2) *Duhamel*, Philos. Burg, cité par *Bergmann*, I, 434.

d'été; ce qui doit provenir sans doute non-seulement de l'écoulement des fleuves, mais encore de la fonte des glaces (1).

Origine de la salure des eaux marines.

Il est plus aisé de voir les utiles résultats de la salure des eaux marines, que d'en découvrir l'origine. Sans cette salure et sans un mouvement continuel, les eaux de la mer se corrompraient; elles seraient infiniment moins propres à porter des vaisseaux, et ne permettraient vraisemblablement pas à beaucoup d'animaux de vivre dans leur sein. Mais d'où vient cette salure? des bancs de sel situés au fond de la mer? Mais ils semblent plutôt être eux-mêmes des dépôts que la mer a formés par précipitation. Viendrait-elle de la corruption des eaux fluviatiles? Il semble en effet que les eaux douces qui dégorgent dans des lacs fermés et stagnans, se corrompent, se décomposent, et forment des dépôts de sel. Or, on pourrait regarder l'Océan comme un grand lac, l'égout commun de toutes les eaux terrestres. Mais, dit-on, dans ce cas, la salure devrait augmenter de jour en jour. *Halley*, qui a développé cette opinion (2), désirait qu'on fît des expériences qui serviraient dans les siècles futurs à éclaircir cette question. Plusieurs naturalistes modernes considèrent la mer actuelle comme le résidu d'un fluide primitif qui a dû tenir en dissolution toutes les substances dont le globe est composé; que ces eaux-mères ayant déposé tous les principes terreux, acides et métalliques dont elles étaient chargées, il est resté dans leur résidu, qui est la mer actuelle, quelques-uns de ces principes élémentaires, trop intimement combinés avec l'eau pour s'en échapper.

Quant à l'amertume des eaux marines, comme elle diminue en raison de la profondeur, elle pourrait bien venir uniquement de la grande quantité de matières animales et végétales en décomposition et en putréfaction, qui flottent dans la mer, et que les eaux courantes ne cessent d'y apporter.

(1) *Palmstruck*, officier suédois, cité par *Bergmann*, l. c.

(2) Philos. transact., n° 334.

Essais de rendre potable l'eau marine.

On a employé divers procédés pour rendre l'eau de mer potable. Le seul qui réussit est la distillation; mais il demande trop de soins et trop de chauffage pour pouvoir être employé en grand. La distillation même n'enlève pas tout l'amertume des eaux marines, lorsqu'elles contiennent du sel ammoniaque. Ainsi les marins, quoique nageant au milieu de l'eau, se voient souvent exposés à mourir de soif lorsque leur provision d'eau fraîche est épuisée. S'ils trouvent des glaces fixes ou flottantes, ils n'ont qu'à en prendre des morceaux, qui en se fondant donnent une eau douce, quoique un peu fade (1).

Couleur des eaux marines

La *couleur* de la mer varie en apparence beaucoup; cependant elle est en général d'un bleu verdâtre foncé, qui vers les côtes devient plus clair. Il paraît que cette couleur apparente de la mer ne provient que des mêmes causes qui font paraître les montagnes bleues dans l'éloignement, et qui donnent à l'atmosphère sa couleur azurée. Les rayons de lumières bleues, comme les plus réfrangibles de tous, sont renvoyés en plus grande quantité par le fluide aquatique, qui leur fait subir une forte réfraction, en raison de sa densité et de sa profondeur.

Les autres nuances dans la couleur des eaux marines dépendent des causes locales, et quelquefois des illusions. On dit que la mer Méditerranée, dans sa partie supérieure, prend une teinte quelquefois pourprée. Dans le golfe de Guinée la mer est blanche, et, autour des îles Maldives, noire. La mer Vermeille, près la Californie, a reçu son nom de la couleur rouge qu'elle prend souvent. Le même phénomène a été observé à l'embouchure de la rivière de la Plata, par *Magellan*, et en d'autres endroits.

Il n'est pas impossible qu'une grande quantité de certains insectes puisse pour quelque tems donner à une étendue de mer des teintes rougeâtres ou blanches. Un mélange avec certaines substances terreuses ou minérales,

(1) Voyez, entre autres, *Forster*, Observations faites pendant ses voyages, p. 50-52 (en all.). *Brehmer*, nouvelle Méthode de distiller l'eau de mer, dans *Voigt*, Magasin des Sciences naturelles, VII, 417 *sqq*.

la nature du sol et plusieurs autres causes peuvent produire ces apparences.

Les teintes vertes et jaunâtres de la mer proviennent des végétaux marins. On connaît des endroits dans la mer où ces végétaux s'élèvent jusqu'à sa surface, et la couvrent même toute entière, comme entre les îles Canaries et celles du cap Vert, dans les parages que les Hollandais appellent *Kroos-zee*, et les Portugais, *mare di Sargasso*. Cette végétation marine présente en grand les mêmes phénomènes que la *floraison des lacs*. Dans les lacs, ce sont des mousses d'eau très-fines, couvertes de chevelus, qui s'élèvent pendant le jour à la surface de l'eau, et qui souvent se plongent dans l'eau pendant la nuit. Végétation marine.

La *lumière de mer* est un spectacle magnifique et imposant. Quelquefois le vaisseau, en fendant les ondes, semble tracer un sillon de feu; chaque coup de rames fait jaillir des jets d'une lumière ici vive et scintillante, là tranquille, et pour ainsi dire perlée. D'autres fois, des milliers d'étoiles semblent flotter et se jouer à la surface; ces points lumineux se multiplient, se réunissent, et bientôt ils ne forment qu'un vaste champ de lumière. En d'autres tems la scène devient plus tumultueuse; des vagues lumineuses s'élèvent, roulent, et se brisent en écume brillante. On voit de gros corps étincelans, semblables pour la forme à des poissons, se poursuivre, se perdre, s'élancer de nouveau. Ces mobiles foyers de lumière se groupent de mille manières. Lumière de mer.

L'explication de ce phénomène a beaucoup occupé les naturalistes. *Valisnéri*, *Rigaud* et *Dicquemare* (1) ont démontré que, dans beaucoup d'occasions, cette lumière était produite par un petit animal qu'on a nommé *ver luisant de mer*. Cet animal a le corps extrêmement mince, délicat, transparent, d'une mobilité étonnante; il jette une Phosphorescence des animaux marins.

(1) *Rigaud*, Journal des Savans, 1770, cahier de mai. *Dicquemare*, Journal de physique, octobre, 1775. *Vianelli*, Nuove scoperte alle luce nocturne. Venise, 1746.

lumière vive et sciutillante. Les observations de *Griselini*, de *Godcheu*, de *Dagelet*, d'*Adanson* (1), ont prouvé que la mer contient encore d'autres animaux lumineux, surtout des scolopendres et des polypes. Les *méduses* lancent de leurs antennes une forte lumière semblable à celle d'une bougie, tandis que leur corps reste obscur (2). La *pennatula marina* jette tant de clarté, qu'elle fait distinguer pendant la nuit les autres poissons pris dans le même filet (3). Tous les zoophytes et les mollusques semblent posséder la phosphorescence dans un degré plus ou moins grand. Les observations de M. Péron (4) et de M. Langsdorff (5) viennent de confirmer cette explication des phénomènes lumineux de la mer, la seule qu'on puisse admettre comme générale. Il paraît que cette émission de phosphore tient à une grande exaltation des esprits vitaux chez ces divers animaux, et que c'est principalement au moment de leurs jouissances amoureuses qu'ils lancent un éclat aussi brillant.

Phosphorescence des matières putréfiées.

Fougeroux, *Canton*, *Forster*, et d'autres bons observateurs, en convenant de l'existence des vers luisans, pensent que la lumière de mer, lorsqu'elle est tranquille et comme unie avec les eaux de la mer, provient de la décomposition des matières végétales et animales rassemblées dans la mer, et qui, en se putréfiant, laissent échapper leur phosphore. Cette espèce de lumière marine se montre surtout dans les longs calmes, et après de grandes chaleurs (6). Le frai des poissons semble aussi posséder la qualité de jeter un certain éclat; c'est peut-être à cette

(1) *Lalande*, Lettre, etc., dans le Journal des Savans, 1777. *Griselini*, Observations sur la scolopendre marine, etc. Journal de physique, 1784, janvier, etc. (2) *Forskal*, dans *Nieburh*, Voyage en Arabie, I, p. 7 (en all.). (3) Philosoph. transact., vol. 53, tab. 19, fig. 1-4. *Shaw*, *Spallanzani*, etc. (4) *Péron*, Voyages aux Terres Australes, I, 41. Comp. *Annales du Muséum*, II, cahier 2. (5) *Langsdorff*, dans *Voigt*, Magasin de physique et d'histoire naturelle, X, 202. (6) *Forster*, Observations, etc., p. 57-58. *Id.*, dans *Sparmann*, Voyage au Cap, p. 5. *Canton*, Philosoph. transact., vol. LIX, p. 446. *Fougeroux*, sur la lumière que donne l'eau, etc. Mémoires de l'acad. de Paris, 1767.

cause qu'on doit, dans les mers boréales, certaines apparences lumineuses appelées par les pêcheurs *lueurs de harengs*.

On a cru observer que la lumière marine phosphorique était plus forte dans un tems d'orage; ce qui a fait dire que ce phénomène pouvait n'avoir d'autre cause que le frottement des courans marins (1). Nous rapporterons, à ce sujet, une réflexion de *Newton* : « Tous les solides, » dit ce grand physicien, lorsqu'ils sont chauffés au-delà » d'un certain degré, n'émettent-ils pas de la lumière? Et » cette émission n'est-elle pas opérée par le mouvement » vibrant de leurs molécules ? Et tous les corps qui abon- » dent en parties terreuses, et surtout sulfureuses, ne » jettent-ils pas de la lumière aussi souvent que ces par- » ties sont suffisamment agitées ; que cette agitation » vienne de la chaleur, de la friction, de la putréfaction, » d'un mouvement vital ou d'une autre cause quelconque? » C'est ainsi que l'eau marine, dans une forte tempête, » devient luisante (2). » Frottement des eaux.

La lumière qui provient des animalcules vivans précède ordinairement les orages, qu'ils semblent en quelque sorte pressentir.

La température de la mer change moins soudainement et moins facilement que celle de l'atmosphère. L'eau marine est un mauvais conducteur du calorique. D'ailleurs, les rayons solaires visibles ne peuvent point échauffer le fond de la mer, puisqu'ils n'y pénètrent que jusqu'à 45, ou, selon *Bouguer*, 113 toises. Au-delà de cette limite, la mer ne reçoit donc plus de lumière ; mais le calorique y pénètre peut-être un peu plus avant. La température du fond de la mer semblerait donc devoir suivre celle de l'intérieur du globe dans les différentes latitudes. Température de la mer.

Mais les expériences de M. Péron ont démontré que la température de la mer, à de grandes profondeurs, se refroidit dans une progression constante, sans qu'on doive

(1) *Bajon*, Histoire naturelle de Cayenne, vol. I. (2) *Newton*, Optics, p. 314 (en angl.).

cependant en conclure que le fond de la mer soit congelé (1).

Glaces marines. Les glaces marines semblent naître vers les pôles à mesure que la salure de la mer diminue, et que le mouvement de rotation de chaque point du globe devient moins rapide. On voit déjà, vers le 40e degré de latitude, de gros morceaux de glace flotter sur la mer; ils ont été détachés de quelque endroit plus septentrional, et entraînés par les courans qui vont du pôle à l'équateur. A 50 degrés, il est déjà assez ordinaire de voir les rivières, les lacs, et même les bords de la mer, se couvrir de glace. A 60 degrés de latitude boréale, les golfes, les mers intérieures se gèlent souvent sur toute leur surface. A 70 degrés, les glaçons flottans deviennent plus fréquens, plus énormes; et vers le 80e degré on trouve, le plus souvent, des glaces fixes; non pas que la mer y soit gelée jusqu'au fond, mais parce que les glaces s'y sont accrochées et arrêtées par leur accumulation.

Tous ces phénomènes se rencontrent dans l'hémisphère austral, mais dans une progression plus rapide; de sorte que les champs fermes de glaces se trouvent déjà à 70 degrés, et les grandes îles de glaces flottantes se montrent en foule, et quelquefois même se fixent en-deçà de 60 degrés de latitude.

Les îles de glace ont souvent une demi-lieue de long, et s'élèvent au-dessus des eaux jusqu'à cent pieds. Ces masses énormes, dangereuses aux vaisseaux, se forment, dit-on, par l'accumulation des lames de glace qui glissent l'une sur l'autre. Je serais tenté de croire que, dans plusieurs cas, les glaçons se forment tout d'un seul jet, comme les cristaux. La congélation est une véritable cristallisation; les forces qui la déterminent peuvent, vers les pôles, être au-delà de tout ce que nous concevons.

Aspect de ces glaces. Les champs de glaces ont souvent une étendue immense; Cook en trouva une bande qui joignait l'Asie orientale à l'Amérique septentrionale. L'aspect de ces

(1) *Péron*, Mémoire lu à l'Institut.

continens et îles de glace surpasse toute idée que l'imagination pourrait nous en donner. Ici, l'on croît voir des montagnes d'un pur cristal et des vallées semées de diamans ; là, des tours grisâtres, avec leurs flèches resplendissantes, semblent s'élever au-dessus d'un rempart crénelé de glaces. L'atmosphère brumeuse, qui agrandit et rapproche les objets, rend ce spectacle encore plus gigantesque. Mais il faut avoir un cœur d'airain pour oser s'enfoncer dans ces mers inhospitalières ; car si le navigateur n'y a point à craindre les tempêtes, extrêmement rares sous ces latitudes, ni les trombes et les ouragans, qui y sont inconnus, il court d'autres dangers bien plus capables d'effrayer les esprits les plus téméraires. Tantôt des glaçons énormes, agités par le vent et les courans de mer, viennent se heurter contre son frêle navire : point de rocher ou d'écueil si dangereux ni si difficile à éviter ; tantôt ces montagnes flottantes entourent perfidement le voyageur. et lui ferment toute issue ; son vaisseau s'arrête, se fixe ; en vain la hache impuissante cherche à briser ces masses énormes ; en vain les voiles appellent les vents : le bâtiment est comme soudé dans la glace ; et le navigateur, séparé du monde des vivans, reste seul avec le néant. Qu'elle est affreuse la situation de ceux qui, ainsi enfermés par la glace, n'ont d'autre ressource que de quitter leur vaisseau et de marcher sur cette croûte consolidée de la mer, qui, à chaque moment, peut s'entr'ouvrir sous leurs pieds ! Heureux encore si, mourant de froid et de faim tout ensemble, réunis sur un morceau de glace flottante, ils peuvent être jetés sur les rivages de la Sibérie ou de la Nouvelle-Zemble ! Mais la plupart du tems il ne reste aucun espoir de vie aux malheureux qui font naufrage sur cette terrible mer. Ou l'onde glaciale les engloutit, ou le tyran de cet affreux empire, l'ours blanc, les dévore ; ou, enfin, l'intensité du froid éteint dans leurs corps la chaleur vitale, leurs pieds se collent sur la glace, le sang s'arrête dans leurs veines ; et, pour eux, la nuit polaire devient une éternelle nuit.

Dangers du navigateur dans les mers glaciales.

Étendue des glaces marines.

Un écrivain ingénieux (1) a prétendu que les pôles étaient entourés chacun d'une vaste coupole de glace assez étendue pour produire, par sa fonte journalière, le phénomène des marées, à peu près comme la fonte des neiges dans les Alpes produit des mouvemens périodiques dans certains lacs et fontaines. Mais les phénomènes des marées ne peuvent pas s'expliquer de cette manière, et l'existence même de deux semblables coupoles est très-douteuse. Comme il faut une certaine agitation pour produire des glaces, il se pourrait bien que la congélation fût plus perpétuelle vers le 80e degré qu'au pôle même. Quelques coups de vent subits que les navigateurs éprouvent dans ces latitudes, et qui viennent du pôle, semblent indiquer des changemens successifs dans l'état de ce point extrême du globe. Il est plus sûr que la fonte des glaces polaires contribue à former les courans qui vont du pôle à l'équateur.

Les glaçons ne répandent pas un froid si vif autour d'eux, à leur place natale, que lorsque détachés et déjà fondans, ils sont portés par les flots vers d'autres parages; car, comme la glace n'est formée que par l'absence du calorique, sa fusion ne s'opère que par une nouvelle combinaison avec le calorique. Où prendre cet élément? Dans l'air ambiant. Les glaces en absorbent avidement le calorique, et le rendent par conséquent extrêmement froid.

Mouvemens des eaux marines.

Les eaux de la mer cèdent à la plus légère impression; et quoique leur densité et leur pesanteur concourent à les retenir dans un équilibre stable, elles sont animées, jusqu'à une certaine profondeur, de mouvemens très-rapides et très-variés. On peut classer ces mouvemens d'après la manière dont les molécules se meuvent, et d'après la nature des agens qui font naître le mouvement.

La différence de direction distingue les mouvemens *horizontaux* des mouvemens *verticaux*. Dans les premiers, l'eau coule sur la surface du globe; dans les autres, elle s'éloigne ou s'approche du centre de la terre. Les mouve-

(1) *Bernardin de Saint-Pierre*, Etudes de la nature.

mens horizontaux peuvent être *directs* ou *courbes*, ou même *circulaires*, etc. De l'étendue et de la durée du mouvement dépend la différence entre les *oscillations*, dans lesquelles toute une masse d'eau est remuée à la fois, et les *ondulations*, dans lesquelles le mouvement se propage d'une partie de la masse à l'autre.

Selon la nature des causes motrices, on peut distinguer trois genres de mouvemens dans la mer. Les marées sont des *mouvemens sidériques*, puisqu'elles dépendent de la puissance des astres. Les courans généraux, et la plupart des courans particuliers, ont leurs causes dans l'élément même qui en est agité; ce sont donc les *mouvemens propres* de la mer. La troisième espèce comprend les *mouvemens atmosphériques*, produits par l'action des vents. Quant à ces oscillations violentes qui accompagnent les tremblemens de terre, et rendent ainsi l'Océan complice des volcans, je voudrais les appeler *tremblemens de mer*; ils sortent de la série des mouvemens ordinaires.

Régions de la mer.

On peut distinguer dans la mer trois régions ou couches, l'une au-dessus de l'autre, mais sans limite constante. La première, agitée par les vents, est la *région des ondulations*; celle-ci est immédiatement suivie par la *région des courans*; vient enfin la *région immobile*, où la densité des particules, par la pression, par leur adhérence au globe, par le frottement, rend le mouvement nul.

Ondes, flots, lames.

Les mouvemens de l'air produisent à la superficie de l'eau des mouvemens correspondans. Les vents inégaux font naître des *ondes* ou des *flots* qui s'élèvent en montagnes écumantes, roulent, bondissent, se brisent l'un contre l'autre; dans un moment, ils semblent porter les déesses de la mer qui viennent s'égayer par des jeux et des danses; dans l'instant prochain, une tempête fond sur eux, et les anime de sa fureur; ils semblent se gonfler de colère, on croit voir les monstres marins qui se livrent la guerre. Un vent fort, constant et égal, produit dans la mer des *lames* ou de longues rides d'eau, qui s'élèvent comme sur le même front, marchent d'un mouvement

uniforme, et l'une après l'autre viennent se précipiter sur le rivage. Quelquefois les lames suspendues par un coup de vent, ou arrêtées par un courant, forment comme une muraille liquide : malheur au téméraire navigateur qui s'en approcherait !

Cause des ondulations.

Toutes ces oscillations proviennent de ce qu'un courant d'air, en déplaçant quelques parties des eaux, a rompu l'équilibre dans lequel elles tendent chaque moment à se remettre. Ces mouvemens tiennent de ceux du pendule; ils n'affectent que la superficie des eaux. Les plongeurs assurent que dans les plus grandes tempêtes on trouve une eau tranquille à 15 toises de profondeur. Les géomètres ont entrepris de soumettre ces mouvemens à leurs calculs. « La vitesse de la propagation des ondes, dit un savant » illustre (1), sera la même que celle qu'un corps grave » acquerrait en descendant d'une hauteur égale à la moi- » tié de la profondeur de l'eau dans le canal. Par consé- » quent, si cette profondeur est d'un pied, la vitesse des » ondes sera de 5 $\frac{51}{1000}$ pieds par seconde; et si la profon- » deur de l'eau est plus ou moins grande, la vitesse des » ondes variera en raison sous-doublée des profondeurs, » pourvu qu'elles ne soient pas trop considérables. »

Il faut distinguer des *ondes* produites par l'action momentanée du vent, les *vagues* qui proviennent de l'impulsion communiquée aux eaux par un vent précédent, ou par un courant, ou enfin par une autre cause quelconque. Les navigateurs voient souvent cette double oscillation, qui quelquefois contribue à augmenter l'agitation du vaisseau.

Marées.

Les marées sont des oscillations régulières et périodiques, que les mers du globe terrestre subissent par l'attraction des autres corps célestes, principalement par celle de la lune et du soleil (2).

(1) *Lagrange*, Mécanique analytique, p. 491. (2) *Bernouilli*, Mémoire couronné *sur le flux et le reflux*. Les mémoires d'*Euler* et de *Maclaurin*, celui-ci sous le titre de Théorie du Flux et Reflux, 1740. *Lalande*, Traité sur le Flux et Reflux, 1781. *Laplace*, Système du Monde. *Idem*, dans les Mémoires de l'Académie des sciences, 1790.

Considérons d'abord la seule action de la lune sur la mer, et supposons cet astre dans le plan de l'équateur. Il est évident que si la lune exerçait sur toutes les molécules de la mer une attraction égale et parallèle au centre de la gravité de la terre, le système entier du sphéroïde terrestre, et des eaux qui le recouvrent, serait animé d'un mouvement commun, et leur équilibre relatif ne souffrirait aucune atteinte. Cet équilibre n'est troublé que par la différence entre les attractions que la lune exerce, et l'inégalité de leurs directions. Quelques parties du globe sont directement attirées par la lune; d'autres le sont obliquement; celles-là sont en conjonction avec la lune, et une ligne tirée des centres de deux planètes passerait par leur zénith; celles-ci sont en quadrature avec la lune, c'est-à-dire, une ligne tirée du centre terrestre à leur zénith ferait un angle de 90 degrés avec la ligne qui joint les centres de ces deux planètes. La force attractive, qui agit obliquement, est décomposée, à cause de son incidence oblique. Ainsi, les parties en conjonction sont plus fortement attirées que celles en quadrature; la pesanteur de leurs molécules est diminuée. Il faut donc, pour qu'il y ait équilibre dans toutes les parties de la mer, que les eaux s'élèvent sous la lune, afin que l'excès de pesanteur des molécules en quadrature, sur celles en conjonction, soit compensé par la plus grande hauteur de celles-ci. Action de la lune.

Les eaux s'élèvent, non-seulement du côté où est l'astre attirant, mais encore du côté opposé, parce que si l'astre attire les eaux supérieures plus qu'il n'attire le centre de la terre, il attire aussi ce centre plus qu'il n'attire les eaux inférieures dans l'hémisphère opposé. Ces eaux se porteront donc moins vers l'astre attirant, que ne le fera le centre de la terre; elles resteront en arrière du centre autant que les eaux supérieures vont en avant du côté de la lune.

Il se formera donc, par l'action de la lune sur la terre, deux promontoires ou éminences d'eau : l'un du côté de

la lune, l'autre du côté opposé; ce qui donnera à la mer à peu près la figure d'un sphéroïde allongé, dont le grand axe passera par le centre de la lune et de la terre. La
Marée haute et basse.
marée est *haute* sous la lune, et dans le point opposé, à 180 degrés de distance. Il s'ensuit que, dans les deux points intermédiaires, ou à 90 degrés de distance de la lune, la marée doit être *basse*.

La terre, par son mouvement de rotation, présente successivement à la lune, dans l'espace de 24 heures, tous ses méridiens, qui se trouvent conséquemment tour à tour, et dans un intervalle de 6 heures, tantôt sous la lune, tantôt à une distance de 90 degrés de cet astre. De là, il résulte que dans le tems qui s'écoule entre le départ de la lune d'un méridien, et son retour prochain au même méridien, c'est-à-dire, dans l'espace d'un jour lunaire, qui surpasse le jour solaire d'environ 50 minutes et une demi, les eaux de la mer s'éleveront deux fois et s'abaisseront deux fois dans tous les lieux de la terre, quoique d'une manière presque insensible dans les endroits éloignés de la route lunaire.

La terre, en tournant sur son axe, emporte avec elle, à l'orient de la lune, les promontoires ou les molécules d'eau les plus élevées; elles continueront donc de s'élever encore par l'action de la lune; et quoique cette action, déjà moins directe, diminue de force à chaque instant, elle subsiste et continue à combattre l'inertie et le frottement qui retardent l'élévation. Voilà pourquoi cette élévation n'atteint pas son *maximum* au moment même où la lune passe par le méridien, mais à peu près trois heures après ce passage.

Une seconde cause tend à produire le même effet. Les eaux, placées en quadrature à l'occident de la lune, et portées vers la conjonction avec cet astre par le mouvement de rotation de la terre, seront continuellement accélérées dans ce quart de leur jour, se mouvront après la syzygie ou conjonction, avec cette somme d'accélérations; et rencontrant alors des molécules continuellement plus

retardées que la terre, il se formera deux courans contraires, qui placeront la plus grande élévation à environ 45 degrés après la syzygie. Pour des raisons semblables, la plus grande dépression des eaux n'arrivera pas à la quadrature, mais à 45 degrés de ce point, et trois heures après.

Si maintenant nous supposons le soleil dans le plan de l'équateur, il est évident que son action, ayant lieu de la même manière que celle de la lune, doit exciter dans l'Océan une agitation semblable aux marées lunaires. Ainsi les eaux s'éleveront deux fois et s'abaisseront deux fois pendant un jour solaire; mais à cause de l'immense distance du soleil, ces marées solaires seront beaucoup plus petites que celles qui résultent de l'action de la lune. Selon *Lalande*, la force de la lune est $2\frac{7}{10}$ fois celle du soleil; *Laplace* trouve même qu'elle en est triple. Action du soleil.

A cause de l'inégalité qui existe entre les jours solaires et lunaires, l'action du soleil quelquefois changera les marées lunaires, et d'autres fois on confondra ses effets avec ceux de la lune. Dans les syzygies, ou conjonctions, l'action de la lune concourt avec celle du soleil pour élever les eaux. Voilà pourquoi les plus grandes marées arrivent aux pleines et nouvelles lunes. Dans les quadratures, les eaux de la mer sont abaissées, par l'action du soleil, au même point où l'action de la lune les élève, et réciproquement. Ainsi les marées des quadratures doivent être les moins sensibles. Cependant la plus haute marée n'arrive pas et ne doit pas arriver précisément le jour de la nouvelle ou de la pleine lune, mais deux ou trois jours après. Cela vient de ce que le mouvement, une fois acquis, n'est pas détruit tout d'un coup; il continue d'augmenter l'élévation des eaux, quoique l'action instantanée du soleil soit réellement diminuée.

Ce que nous avons dit regarde la position du soleil et de la lune dans l'équateur. Considérons maintenant ces astres dans leurs déclinaisons variées, et nous verrons varier l'élévation en raison inverse du cube des distances

des eaux. Sans entrer dans ces détails, qui exigent des démonstrations mathématiques, remarquons seulement que c'est de la proximité de ces astres que semblent dépendre les grandes marées équinoxiales qui viennent le plus souvent, l'une *avant* l'équinoxe du printems, et l'autre *après* celui d'automne, c'est-à-dire, l'une et l'autre dans le tems où le soleil, parcourant les signes méridionaux, est plus près de nous. Cependant cela n'arrive pas tous les ans, parce qu'il y a quelquefois des variations produites par la situation de l'orbite de la lune, et par la distance des syzygies aux équinoxes.

Grandes marées équinoxiales.

Les grandes inégalités du fond de la mer; la position des côtes; leur pente sous l'eau, tantôt rapide, tantôt douce; la différente largeur des canaux et des détroits; enfin les vents et les courans; toutes ces circonstances locales, et quelquefois accidentelles, altèrent la marche des marées, la font dévier de cette régularité qu'elle aurait dans une mer libre, augmentent l'intensité du flux sur les côtes des canaux resserrés, et en faisant varier le degré des frottemens des eaux, raccourcissent ou prolongent la durée relative de la haute et basse mer. Ainsi on voit, dans les îles de la mer du Sud, des marées régulières et peu considérables, d'un ou deux pieds d'élévation (1); tandis que sur les côtes occidentales de l'Europe et sur celles orientales de l'Asie, les marées sont extrêmement fortes, et sujettes à beaucoup de variations. On nous assure que l'île de Formose, près la Chine, a éprouvé, en 1632, une marée qui passa au-dessus de la chaîne de montagnes qui traverse l'île; mais c'est un peu difficile à croire. Sur les côtes de la France qui bordent la Manche, le flux, resserré dans un bassin, et en même temps répercuté par les côtes d'Angleterre, s'élève à une hauteur énorme; à Saint-Malo, jusqu'à 50 pieds.

Variations des marées.

Dans le golfe de Hambourg, la marée est quelquefois le résultat de trois forces combinées, savoir : d'un flux ar-

(1) *Forster*, Observations pendant un voyage autour du monde.

rivé par le détroit de Calais ; d'un autre flux venant par les îles Orcades, et réfléchi vers la mer d'Allemagne par le courant polaire ou par des vents très-forts du nord-ouest ; enfin (à ce que je crois), de la répulsion des eaux de l'Elbe et des autres fleuves. Le flux ordinaire est, à Hambourg, de 6 pieds 8 pouces ; le flux des syzygies est de 7 pieds 3 pouces. Mais le vent soufflant avec violence de nord-ouest, le flux s'élève jusqu'à 18 pieds, quelquefois même à 20 pieds et au-delà. Hambourg est à 30 lieues de l'embouchure de l'Elbe, et le flux fait ces trente lieues en 5 heures 23 minutes ; étant arrivé à l'embouchure du fleuve, il emploie $\frac{3}{4}$ à $\frac{5}{4}$ d'heure à forcer le courant fluviatile de rétrograder. Le même courant fait qu'à Hambourg le flux ne dure que 4 heures 18 minutes ; et le reflux, 8 heures 6 minutes. Cet exemple peut servir à expliquer tous les phénomènes de la marée serrée dans un canal étroit, et repoussée par un courant contraire à sa direction.

Dans la zone torride, les marées se propagent d'orient en occident avec le mouvement des astres ; dans la zone tempérée boréale, elles arrivent du sud ; et dans celle australe, du nord ; c'est-à-dire, dans l'une et l'autre de la zone torride, qui est la partie du globe où la puissance des astres agit le plus directement sur les mers. Il y a des exceptions purement locales. La zone glaciale du nord ne se ressent que fort peu des marées ; son éloignement, les terres qui l'entourent, les glaces dont ces mers sont encombrées, tout concourt à détruire ici l'effet de l'attraction sidérale. Nous ne savons rien de la zone glaciale du sud.

Si l'on objecte, contre cette théorie de l'attraction lunaire, l'absence de toute marée dans quelques golfes, dans quelques méditerranées, nous répondrons qu'au contraire ces phénomènes sont de nouvelles preuves en faveur de l'hypothèse contre laquelle on les invoque. Dans les petites masses d'eau, la lune agit en même tems sur toutes les parties ; elle diminue la pesanteur de toute Mers sans marée.

la masse. Or, il n'y a peu ou point d'eau environnante qui pourrait venir s'accumuler avec la masse attirée en promontoire liquide; car cette intumescence doit moins sa naissance à un mouvement vertical des eaux attirées, qu'à l'affluence latérale des eaux voisines, en vertu de la plus grande pesanteur de celles-ci. Voilà pourquoi la Méditerranée n'a que de très-petites marées, qui semblent se former principalement dans le bassin étendu à l'est de l'île de Malte, et qui se propagent au nord dans le golfe de Venise.

Marées dans les golfes. L'Océan communique l'effet de ses marées aux golfes et aux méditerranées qui ont leurs canaux d'entrée tournés vers les points cardinaux d'où la marée arrive. La Baltique et la Méditerranée ne sont point dans ce cas. Les baies de Baffins et d'Hudson le sont; aussi la marée y est-elle sensible. Le golfe d'Arabie en est encore un exemple frappant.

Courans maritimes. Passons à la considération des *mouvemens propres* de l'Océan, ou des *courans* généraux et particuliers.

On remarque, surtout entre les tropiques, et jusqu'à 30 degrés de latitude nord et sud, un mouvement continuel dans les eaux de l'Océan, qui les porte d'orient en occident dans une direction semblable à celle des *vents alizés*, mais contraire à celle de la rotation du globe (1). Les navigateurs, pour aller d'Europe en Amérique, sont obligés de descendre à la latitude des Canaries pour prendre le courant qui les porte avec rapidité à l'occident. Ils observent la même règle pour aller d'Amérique en Asie par l'Océan Pacifique. On pourrait croire qu'ils font ainsi, seulement à cause des vents alizés; mais ils assurent qu'on distingue très-bien l'action du courant atmosphéri-

(1) *Kircher*, Mund. subterran., tom. I, lib. 3, sect. 1. *Riccioli*, Geographia reformata, X, 3, §§. *Fournier*, Hydrographie, lib. IX, c. 22. *Varenius*, Géogr. générale, ch. XIV, prop. 7 *sqq*. *Pownal*, Hydraulic and nautical observations, in the atlantic Ocean. Londres, 1787. *Franklin*, Maritime observations, dans les *Transactions* of the *American society of Philadelphia*, vol. II, p. 315 *sqq*. *Fleurieu*, dans le Voyage de Marchand. *Dampier*, *Forster*, etc.

cal, de celle du courant océanique. On la reconnaît, parce que le vaisseau fait plus de chemin qu'il ne pourrait faire à l'aide du vent seul. Les corps flottans à la surface des eaux l'indiquent également. On en éprouve des effets extrêmement violens dans plusieurs détroits.

Un second mouvement porte les mers des pôles vers l'équateur. Il a aussi son mouvement correspondant dans l'atmosphère. La preuve la plus décisive de la réalité de ce mouvement, est celle qu'on tire de la direction des glaçons flottans, qui se portent constamment des pôles vers l'équateur.

L'origine de ces deux mouvemens paraît dépendre du soleil et de la rotation du globe.

Le mouvement qui porte les mers des pôles vers l'équateur (et que je désignerai par les noms de *courans polaires, boréal* et *austral*), s'explique de la manière que voici. Tous les jours les rayons solaires décomposent une énorme quantité de glace; ainsi les mers polaires ont toujours une surabondance d'eau dont elles tendent à se décharger. Comme l'eau, sous l'équateur, a une moindre pesanteur spécifique, et que d'ailleurs l'évaporation, très-forte sous la zone torride, en absorbe une bonne partie, il est nécessaire que les eaux voisines accourent pour rétablir l'équilibre: ce mouvement se propage d'une région aquatique à l'autre; et ainsi, à chaque instant, les eaux circompolaires sont sollicitées de se porter vers l'équateur. Courans polaires.

Le mouvement d'est à l'ouest (que l'on pourrait appeler *courant tropique* ou *équatoréal*), paraît tenir à des combinaisons plus compliquées. Les vents alizés, loin de pouvoir être l'unique cause du mouvement général de la mer, en pourraient plutôt être l'effet, du moins en partie. Le soleil et la lune, en avançant chaque jour à l'occident, relativement à un point fixe pris sur la terre, doivent, selon *Buffon*, entraîner la masse des eaux vers l'occident. Cette circonstance retarde les marées journalières, de sorte que l'on peut regarder le flux comme une intumescence des mers, qui fait le tour du globe en 24 heures 49 minutes, Courant équatoréal.

ou en reculant chaque jour vers l'ouest ; d'où l'on conclut qu'il doit naître une tendance habituelle des eaux vers l'occident. Cette explication ne satisfait point aux phénomènes. Voici celle qui nous a paru la plus plausible.

Cause du courant équatoréal.

L'action du soleil et la rotation terrestre diminuent constamment la pesanteur des eaux équatoréales, et l'évaporation en fait disparaître une quantité infiniment plus grande que ne peuvent lui rendre les fleuves. Les eaux des mers plus éloignées de l'équateur sont donc sollicitées de remplir ce vide ; et de là proviennent les deux courans polaires. Maintenant ces eaux, qui viennent des zones plus froides (surtout dans le grand Océan, où le passage d'un climat à l'autre est plus rapide), ces eaux, dis-je, ont une pesanteur considérablement plus grande que celles qu'elles viennent remplacer. D'un autre côté, et c'est là l'essentiel, elles sont animées d'un mouvement de rotation infiniment plus lent que ne l'est la partie d'eau qui se trouve habituellement dans la zone torride ; or, ces eaux, par leur force d'inertie, ne se dépouillent jamais tout d'un coup du degré de mouvement qu'elles ont une fois acquis. Donc elles ne pourront pas suivre la rotation du globe ; lourdes et immobiles, elles sont tout à coup tombées dans la sphère de la plus rapide mobilité ; elles conservent, pour quelques instans, leur caractère primitif. Mais la partie solide du globe est toujours mue vers l'orient avec la même rapidité dont elle fuit réellement ces eaux, qui, en restant toujours un peu en arrière, semblent se mouvoir vers l'occident, et ainsi s'éloigner des rives occidentales des continens ; tandis que, sur les rives orientales, la terre s'avance vers les eaux ; et celles-ci, ne se conformant pas avec assez de rapidité au mouvement de rotation, semblent s'avancer vers la terre.

Ainsi, ce grand et merveilleux mouvement n'est qu'une vaste et paisible oscillation, qui ne dépend que de l'équilibre seulement de l'Océan. Mais, lorsqu'une oscillation si puissante trouve dans son chemin des passages étroits, des obstacles qui la gênent, la détournent sans l'arrêter,

elle se change en courant violent, et souvent dangereux.

Cherchons maintenant à exposer, dans un système raisonné, les diverses modifications du mouvement propre de l'Océan du globe terrestre.

L'Océan Pacifique s'éloigne, par le mouvement général, des côtes de l'Amérique, en se portant de l'est à l'ouest. Ce mouvement est très-fort dans la libre et vaste étendue de cette mer. Près le cap Corrientes, au Pérou, on semble souvent voir la mer fuir la terre par cette seule cause. Les vaisseaux sont portés avec rapidité du port d'Acapulco au Mexique, aux îles Philippines (1). Pour en revenir, on est obligé d'aller au nord des tropiques chercher le courant polaire et les vents variables. D'un autre côté, le courant polaire du sud ne trouvant aucune terre qui l'arrête, entraîne en toute liberté les glaces polaires jusqu'à des latitudes, où le mouvement du courant tropique se fait déjà un peu sentir. Voilà pourquoi, dans l'hémisphère austral, on rencontre des glaces flottantes à 50, et même 40 degrés. Courans du grand Océan oriental.

L'Océan Pacifique, dans son mouvement vers l'ouest, est arrêté par un immense archipel de bas-fonds, d'îles, de montagnes sous-marines, et même de terres assez considérables ; il pénètre dans ce labyrinthe, et y forme un courant après l'autre. La direction qu'observent les principaux d'entre ces courans, est conforme au mouvement général vers l'ouest. Il est naturel que les inégalités du bassin de la mer, les côtes, les chaînes sous-marines, détournent quelquefois ces courans vers le nord ou au sud. On conçoit encore aisément qu'une forte répercussion des eaux de l'Océan, repoussées par une grande terre (comme la Nouvelle-Galles du sud), peut même produire un contre-courant qui retournera vers l'est, et qui, en se brisant, produirait encore d'autres courans diversement dirigés. Voilà l'origine de ces courans si contraires et si dangereux, dont il est parlé dans les *Voyages* de Cook et de La Pérouse.

(1) Voyez ci-après les descriptions de l'*Amérique méridionale*, de *Nouvelle-Hollande*, de la *Nouvelle-Guinée*, des *îles Philippines*, etc.

Courant du détroit de Bass.

Le courant principal, dirigé vers l'ouest, agit encore avec force daus le détroit nouvellement découvert qui sépare la Nouvelle-Hollande de la terre de Diemen. C'est le courant qui y porta le capitaine Flinders, et qui empêcha tant d'auciens navigateurs d'y entrer, parce qu'ils s'en approchèrent dans une direction contraire à celle de la mer (1). Le même courant agit dans le canal qui sépare la Nouvelle-Hollande de la Nouvelle-Guinée ; mais, ici, il est subdivisé par les innombrables inégalités, en plusieurs couraus, d'une direction variée et inconstante.

Courant du golfe du Bengale.

Eutrons maintenant daus la mer des Iudes. Nous y trouverons ce fameux courant perpétuel, qui va le loug de la Nouvelle-Hollaude et de l'île de Sumatra, toujours au nord, jusqu'au fond du golfe de Bengale. Ce courant est un résultat nécessaire de la pressiou des courans polaires sur la large ouverture qu'a la mer des Indes au sud. Cette mer est bordée, vers le nord, par uu continent : le courant équatoréal qui s'y forme, u'est donc que faible, ou peut-être nul, à cause de l'absence d'uue masse d'eau froide au nord. D'un autre côté, l'Océan Pacifique n'y peut poiut porter ses forces ; elles se sont brisées et dispersées parmi le grand labyrinthe d'îles. Ainsi, la force des effluves polaires du sud domine sans rivale et sans obstacle dans la mer des Indes, et y produit ce courant perpétuel qui se dirige vers le golfe de Bengale, sur une ligne de plus en plus inclinée au nord-ouest, ou suivant la conformation des côtes (2).

L'action du mouvement général de l'Océan, d'abord faible dans la mer des Iudes, comme nous l'avons dit, augmente peu à peu, jusqu'à ce qu'elle prenne le dessns. Il est aisé de concevoir qu'une semblable force d'impulsion, qui agit dans un vaste fluide, et qui en anime toutes les molécules, doit s'accroître à mesure que ce fluide

(1) *Flinders*, Observations pendant son voyage au détroit de Bass. Londres, 1801. Comp. Voyage d'*Entrecasteaux*, I, 230.

(2) *Varenius*, Géog. générale, ch. XIV, prop. 24. Voyages de *Gentil*, de *Macartney*, de *Marchand*, etc.

s'étend dans la direction de la force motrice. Alors une partie de la mer réagit sur l'autre, et la somme de ces effets répétés devient immense à la longue. Ces principes expliquent pourquoi, vers l'île de Java, le mouvement naturel de la mer est remplacé par le courant-nord (1), dont nous avons parlé, et pourquoi ce même mouvement, vers l'occident, se trouve dans les parages de Ceylan et des Maldives. Mais bientôt une nouvelle circonstance locale fait décliner ce mouvement de sa direction naturelle. Une chaîne d'îles et de bas-fonds s'étend du cap Comorin, dans la presqu'île des Indes, jusqu'à la pointe septentrionale de Madagascar. Le courant principal, arrêté par ces obstacles, se tourne vers le sud-ouest; et, en conservant cette direction, il glisse le long de cette chaîne de montagnes, les unes sous-marines, les autres à découvert. Ayant passé Madagascar, il tourne vers l'Afrique, vient se heurter contre ce continent, et rase, avec une grande violence, les côtes de la *Terre Natal*; au moment où la côte de l'Afrique, se tournant vers l'ouest, cesse d'opposer un obstacle à la marche des eaux, le courant perd toute son impétuosité, et va se réunir au mouvement général de l'Océan Éthiopique (2). Divers courans de la mer des Indes.

Nous avons dit que, vers les Maldives, le courant principal ou la grande masse d'eau se tourne au sud-ouest; mais des courans plus superficiels, et par conséquent plus variables, continuent d'aller de l'orient vers l'occident, c'est-à-dire vers le golfe d'Arabie et les côtes de Zanguebar. Ce sont ces courans qui, tournés vers le sud-ouest, rendent le canal de Mozambique d'une navigation si difficile, et qui ont donné au cap *Corrientes*, sur la côte d'Inhambane, le nom qu'il porte. Ils se réunissent au bas de ce cap avec le courant perpétuel. Courant de la côte Natal.

Remarquons ici qu'en général les courans qui ne s'é-

(1) On dit *un courant-nord*, ou *un courant-sud*, pour désigner un courant qui a telle direction.

(2) *Varenius*, Géographie générale, ch. XIV, prop. 25.

tendent pas à une grande profondeur sous le niveau des eaux, sont variables ou sujets à changer avec les vents, surtout lorsque ceux-ci agissent long-tems avec une force égale et constante, comme le font les *moussons*. Ce sont ces vents qui donnent tour à tour des directions entièrement opposées aux courans qui règnent depuis les Maldives jusqu'à l'Arabie et au Zanguebar. Les bas-fonds et les rochers dont ces parages sont parsemés, y contribuent également.

Courans sur la côte orientale de l'Asie.

Le courant-nord qui règne le long de la Nouvelle-Hollande et de l'île de Sumatra, pousse une branche à travers le détroit de la Sonde. Ce courant, selon quelques auteurs, serait le même qui domine dans les mers de Chine, et que La Pérouse a trouvé d'une si grande force dans la mer du Japon et dans la Manche de Tartarie (1). Mais en comparant ensemble les rapports des divers navigateurs, il nous paraît décidé que ces courans, non-seulement varient avec les moussons, mais même qu'il n'y a pas de liaison continue entre eux. Mais tous les courans sud et nord qu'on observe le long des côtes orientales des continens, ne sont que des suites nécessaires du mouvement général de l'Océan vers l'occident ; les eaux, poussées par ce mouvement vers les côtes orientales des deux continens, et n'y trouvant aucune issue, doivent forcément refluer le long des côtes, dans la direction sud ou nord, selon que les localités les déterminent.

On ressent, dans le détroit de Behring, le courant polaire qui amène les glaces des mers polaires aux environs de Kamtchatka.

Courans de l'Océan occidental.

Passons aux courans de l'Océan occidental. Ce qui détermine, en grande partie, ces courans, c'est la forme du bassin qui est infiniment plus long que large.

Le premier courant qui s'offre à nos regards, est celui qui porte les eaux de l'Océan Éthiopien, le long des côtes du Brésil, dans le détroit de Magellan et dans la mer

(1) *Voyage de La Pérouse*. Voyez ci-après les articles du *Japon*, de la *Corée*, de la *Terre Yeso*, etc.

Pacifique. Ce mouvement est conforme à la marche générale de l'Océan. Il paraît, par les voyages de *Marchand* et d'*Ingraham*, qu'il y a, entre la Terre de Feu, la Nouvelle-Géorgie du sud et la Terre Sandwich (ou la *Thule australe* de Cook), plusieurs courans opposés ; mais on n'en a pas de connaissance complète.

Courant du cap Saint-Augustin.

Le plus célèbre courant perpétuel de l'Océan Atlantique est celui qui, à commencer en-deçà du cap Saint-Augustin, en Brésil, se porte vers les côtes orientales de l'Amérique. Il est extrêmement rapide, et se fait sentir dans tous les parages entre les Antilles. Ce courant n'est que le résultat du mouvement général de la mer Atlantique vers l'ouest; il règne entre le 30e degré de latitude nord et le 10e degré de latitude sud, à commencer à 20 ou 30 lieues des côtes de l'Afrique. C'est pour profiter de ce courant et des vents alizés, que les vaisseaux européens descendent jusqu'aux îles Canaries avant d'entreprendre de traverser l'Océan.

Courant du golfe de Guinée.

Sur les côtes de l'Afrique, dans les limites indiquées ci-dessus, il règne un courant absolument contraire au précédent ; il n'est pas moins rapide ni moins invariable. Les vaisseaux, s'ils s'approchent trop de ces côtes, se trouvent entraînés dans le golfe de Guinée, et n'en sortent qu'avec difficulté. On ne saurait assigner au juste la cause de ce courant singulier. Quelques auteurs supposent qu'il y a deux courans dans l'Océan Atlantique, un à la superficie, l'autre dans le fond ; que c'est ce dernier qui ramène les eaux vers l'Afrique. Mais une semblable explication serait contraire à la nature bien reconnue du mouvement *général* de la mer, qui n'est pas superficiel, mais qui agit dans toute la masse. Il est plus probable que ce courant vient du détroit de Gibraltar, le long des côtes d'Afrique seulement, où les eaux ne sont pas animées de toute la vitesse du mouvement général ; mais nous n'osons rien affirmer là-dessus.

Courant du golfe du Mexique.

Un troisième courant très-fameux, est celui par lequel les eaux de la mer Atlantique, portées violemment dans

le golfe du Mexique, dégorgent par le *canal de Bahama*, et courent avec une rapidité incroyable au nord, ou plutôt au nord-est. Il suit les côtes des Etats-Unis, devient toujours plus large, et en même tems plus faible, et s'étend, selon quelques navigateurs, jusque sur les côtes de l'Écosse et de la Norwège. Il est facile à reconnaître par la belle couleur bleue de ses eaux.

Courans de la mer Glaciale.

Les courans polaires du nord offrent des effets très-remarquables : ce sont eux qui apportent sur les côtes de l'Islande une si énorme quantité de glace, que tous les golfes septentrionaux de ce pays s'en remplissent jusqu'au fond, quoiqu'ils aient souvent 500 pieds de profondeur; la glace s'élève même sous la forme de montagnes. D'autres années, il n'arrive point de glace, mais d'immenses amas de bois flottans, surtout des pins et des sapins. C'est dans l'enfoncement demi-circulaire de la côte septentrionale de l'Islande, que ces bois et ces glaces s'amoncellent. Il est évident que c'est une seule et même cause qui les y amène; et comme il ne peut guère y avoir, sous le pôle même, un pays qui produise de grands arbres, il ne reste que la Sibérie ou l'Amérique septentrionale, d'où ces bois pourraient venir.

Bois flottans.

Le phénomène de ces forêts flottantes, qui ne se trouvent que dans les mers circompolaires du nord, a beaucoup occupé les géographes, et il n'est pas encore parfaitement expliqué. On croit que ces bois viennent en partie du golfe de Mexique, par le courant de Bahama, parce qu'on a vu quelquefois des espèces qui ne croissent qu'au Mexique et au Brésil. Mais ces espèces y sont en petite quantité. La Sibérie et la côte septentrionale inconnue de l'Amérique y contribuent probablement davantage (1).

Doubles courans.

Il est très-probable qu'il puisse y avoir dans le même endroit un double courant local, l'un au-dessus ou à la superficie des eaux, l'autre au fond. Plusieurs faits semblent prouver cette hypothèse, proposée par le célèbre *Halley*. Dans les parages des Antilles, il y a des endroits où un bâtiment

(1) Voyez, pour une discussion plus ample, notre article *Islande*, vol. IV de cet ouvrage.

peut s'amarrer au milieu d'un courant, en laissant tomber, à une certaine profondeur connue, un câble auquel est attachée une sonde de plomb. Il doit sans doute, à cette profondeur, y avoir un courant contraire à celui qui règne à la superficie des eaux ; le repos naît de l'égalité de ces deux forces qui entraînent, l'une le bâtiment, l'autre le câble avec la sonde (1). Des circonstances semblables ont été observées dans le Sund. Il y a lieu de croire que la Méditerranée se décharge par un courant inférieur ou caché. Une différente densité des couches d'eau, une grande rapidité de mouvement, et la cohérence des molécules fluides ; voilà les raisons plausibles qu'on donne à cette espèce de doubles courans.

Il est plus aisé de prouver et d'expliquer l'existence des courans opposés, l'un à côté de l'autre. Dans le Kattegat, Courans opposés. un courant nord sort de la Baltique le long des côtes de la Suède, un autre courant sud y entre le long des côtes du Jutland. Dans la mer du Nord, il y a un courant nord qui vient du Pas-de-Calais, et un courant sud qui va depuis les îles Orcades le long des côtes britanniques. Les grands fleuves, en se déchargeant, occasionnent à leur embouchure des courans souvent contraires à ceux de la mer : il serait superflu d'en citer des exemples.

Lorsque deux courans d'une direction plus ou moins contraire, et d'une force égale, se rencontrent dans un Tournans d'eau. passage étroit, ils tournent tous les deux sur une courbe, qui quelquefois est une spirale, jusqu'à ce qu'ils se réunissent, ou qu'un des deux s'échappe. C'est ce qu'on appelle un *tournant*. Les plus célèbres sont : l'*Euripe*, près l'île d'Eubée ; le *Charybde*, dans le détroit de Sicile ; et le *Malstrœm*, en Norwège septentrionale. Ces tournans augmentent quelquefois de force par le concours de deux hautes marées contraires, ou par l'action des vents. Ils entraînent les vaisseaux, les brisent contre des rochers,

(1) Observations de Dr. *Stubb*, dans les Transactions philosophiques, n° 27.

ou les submergent, et en laissent reparaître les débris quelque tems après. On a brodé, sur ce fond assez simple, des fables merveilleuses; on a parlé de gouffres au fond de la mer, de fleuves souterrains, et d'autres choses semblables, dont l'existence n'est rien moins que prouvée.

Profondeur et vitesse des courans.

La profondeur des courans est un problème de physique assez difficile à résoudre. Cependant les courans perpétuels, par leur régularité, et par leur action extrêmement forte, même dans le plus grand calme, indiquent assez qu'ils ont une profondeur considérable. Leur vitesse n'est pas non plus connue; elle est indépendante de celle des vents et des ondulations; mais comment la distinguer de ces deux forces qui, agissant à la surface, sont plus sensibles aux navigateurs? Il y a bien d'autres questions insolubles qu'on pourrait proposer au sujet de cet immense Océan, berceau de l'Univers, et qui peut-être en deviendra le tombeau.

LIVRE TRENTE-SEPTIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Du Fluide ambiant du Globe ou de l'Atmosphère. Des Météores.

Il faut quitter la terre et voir au-dessous de nos pieds ces montagnes et ces mers dont notre avide curiosité a contemplé les merveilles. Un vaste assemblage de divers fluides enveloppe notre globe et en forme, en quelque sorte, une partie intégrante; cet Océan céleste, qu'on appelle atmosphère, c'est-à-dire, sphère des vapeurs, va devenir le théâtre de nos recherches.

L'atmosphère est l'immense laboratoire de la nature, où cette chimie éternelle rassemble les divers gaz enlevés au globe, les distille, les sature, les décompose et les volatilise, ou les condense et les précipite, selon des lois et des procédés que les chimistes mortels s'efforcent souvent en vain de deviner. Tous les êtres terrestres portent leur tribut à l'atmosphère; tous en reçoivent des principes nécessaires à la vie, à la végétation, probablement même à l'existence inorganique. Il n'y a peut-être aucun corps qui ne puisse être réduit à l'état aériforme par la chaleur, et qui ne puisse être amené à l'état solide par le froid. Ainsi, notre planète étant transportée dans la température dont jouit Mercure, une partie de nos mers et de nos terres se vaporiserait et se mêlerait à l'atmosphère, tandis que si notre globe s'égarait un jour dans les régions froides de Saturne ou d'Uranus, une grande partie de notre atmosphère se condenserait et passerait à l'état de solidité. On peut donc définir ainsi notre atmosphère : « L'assemblags de toutes les substances capables de conserver l'état aériforme au degré de température qui règne autour du globe terrestre. » Vues générales.

23.

Diverses espèces de fluides atmosphériques.

Les fluides atmosphériques peuvent être divisés en trois classes : la première comprend l'*air*, le fluide atmosphérique proprement dit ; la seconde renferme les *vapeurs* aqueuses et autres suspendues dans l'atmosphère ; la troisième enfin se compose des divers *fluides aériformes*, ou supposés tels, qui se montrent dans l'atmosphère, soit visiblement, soit par leurs effets. Nous tâcherons de ne considérer chacun de ces objets que sous les rapports qui intéressent directement la géographie-physique, en renvoyant les lecteurs jaloux d'une instruction plus détaillée, à plusieurs excellens traités de physique qui nous ont servi de guide.

De l'air.

L'air, qui forme la plus grande partie de l'atmosphère, n'est pas un élément simple (1). La chimie moderne a prouvé, en analysant et recomposant l'air commun, qu'il y entre ordinairement deux substances dans des proportions bien différentes, savoir : 0,27 de *gaz oxigène*, qu'on nommait dans l'ancienne physique *air pur*, et 0,73 de *gaz azote*, autrement nommé *air impur*. Quelquefois il s'y trouve seulement 71 centièmes de gaz azote, et 2 de gaz *acide carbonique* ou d'*air fixe*. Mais l'acide carbonique étant très-soluble dans l'eau, est promptement saisi et entraîné par les pluies ; ainsi, son séjour dans l'atmosphère ne peut être que momentané ; d'ailleurs, sa pesanteur le borne aux régions inférieures. Au contraire, l'*air inflammable*, aujourd'hui nommé *gaz hydrogène*, par sa grande légèreté, gagne les régions supérieures de l'atmosphère. Ce gaz paraît même s'élever plus haut que les régions auxquelles sont parvenus les *ballons aérostatiques*, machines qui lui doivent leur force ascendante. Du moins M. Gay-Lussac, à 3400 toises, a pris un flacon d'air qui n'était pas plus chargé d'hydrogène que l'air dans lequel nous vivons (2).

Le *gaz oxigène* est seul propre à la respiration animale.

(1) *Haüy*, Traité de physique, §§ 301-391.
(2) *Libes*, Dictionnaire de Physique, au mot *Air*.

Mais s'il était en trop grande quantité, il exciterait trop les esprits vitaux, il userait trop nos forces, et nous ferait, pour ainsi dire, vivre trop vite. De l'autre côté, le *gaz azote* n'est pas propre à entretenir la vie animale; c'est ce que son nom grec indique. C'est donc le mélange de ces deux gaz qui donne à l'atmosphère une constitution favorable à l'existence des animaux.

Salubrité de l'air.

Les plantes et les insectes absorbent et respirent le gaz azote; les premières, surtout, exhalent du gaz oxigène, mais seulement lorsqu'elles sont exposées aux rayons du soleil. Voilà pourquoi nous respirons un air si salubre dans une belle campagne légèrement ombragée de bois; tandis que dans l'intérieur des grandes forêts, l'on trouve souvent l'air épais et malsain (1). Mais nulle part l'on ne jouit d'un air plus propre à entretenir les forces vitales dans un juste équilibre, que sur la mer, où le mouvement continuel conserve dans de justes rapports l'oxigène et l'azote.

Couleur de l'air.

L'air est un fluide extrêmement délié et subtil, de sorte qu'il ne se rend sensible au toucher qu'à l'aide d'un mouvement, comme, par exemple, dans le vent. Il est également insipide et inodore dans son état de pureté. L'air est, selon les rigides newtoniens, *transparent*, ou plutôt *invisible;* et la couleur bleue de l'atmosphère viendrait de la plus grande réfrangibilité de rayons de lumière bleue (2). D'autres savans croient que la couleur bleue est inhérente à l'air, c'est-à-dire, que les molécules de l'air ont la qualité de produire la couleur bleue en se combinant avec la lumière (3).

Pesanteur de l'air.

La pesanteur de l'air est encore un fait dont l'explication prête à des discussions, et que nous nous bornerons à exposer. Galilée a démontré la pesanteur de l'air par la différence de poids entre deux vases remplis, l'un d'air

---

(1) *Ingenhousz*, Expériences sur les Plantes. (2) *Newton*, Opticæ lucis. Traités de *Haüy*, de *Libes*, etc. (3) *Goethe*, Essai sur la Théorie des Couleurs. Comp. *Bergmann*, Géographie-Physique, II, 24. *Fourcroy*, Système des Connaissances chimiques, I, p. 118.

comprimé, et l'autre d'air à l'état naturel. La pompe pneumatique, l'eau qui remonte dans un tuyau, et le mercure qui s'élève dans le baromètre, sont autant de preuves de cette vérité. La pression qu'exerce une colonne d'air prise depuis l'extrémité de l'atmosphère jusqu'au niveau des mers, est égale au poids d'une colonne de mercure d'épaisseur égale, et de 28 pouces (76 centimètres) de hauteur. Prenez un tube de verre d'environ un mètre ou 3 pieds 11 lignes de long, de 4 à 5 millimètres (environ 2 lignes) de diamètre, scellé par un bout et ouvert par l'autre; remplissez-le de mercure, ayant appliqué le doigt sur l'orifice; renversez le tube, et placez le bout ouvert dans une cuvette renfermant du mercure; retirez le doigt, et vous verrez à l'instant le mercure descendre dans le tube à la hauteur d'environ 28 pouces. De même l'eau, dans les pompes aspirantes, s'élève à une hauteur de 32 pieds (10,4 mètres); or, cette hauteur est à celle de 28 pouces dans le rapport inverse des densités de l'eau et du mercure. Une même cause agit donc ici. Ce ne peut être que la pesanteur de l'air extérieur qui agit sur le mercure dans la cuvette.

Du baromètre et de son usage géographique.

On connaît le *baromètre*, instrument fondé sur l'expérience que nous venons de décrire. Cet instrument, qui indique la pression qu'exerce l'air atmosphérique, sert à mesurer les différens niveaux des lieux terrestres. L'abaissement ou l'élévation du mercure dans le baromètre est en rapport avec la densité de l'air, qui varie selon le poids dont il est chargé. On a démontré que quand les densités sont en progression géométrique, les hauteurs de niveau sont en progression arithmétique; donc on peut connaître l'une par l'autre. Les méthodes de calcul inventées par Deluc, Laplace et Ramoud, ainsi que les règles pour corriger les erreurs causées par la température, ne peuvent être exposées que dans des traités spécialement consacrés à la haute physique (1). Mais la géographie-physique doit

(1) *Laplace*, Mécanique céleste, IV, 293. *Ramond*, Mémoires de l'Institut, classe des sciences, VI, 435 *sqq.* *Haüy*, Physique, §§ 414-430.

rendre grâces aux sciences exactes du perfectionnement d'un instrument dont l'usage multiplié peut seul nous conduire promptement à des notions étendues sur la configuration de nos montagnes, plaines et vallées.

Effets de la diminution de la pesanteur.

La pression que l'air exerce sur un corps humain de 15 pieds carrés de surface, est de 32,505 liv. ; et la variation d'une seule ligne, dans la hauteur du mercure, fait un changement de 138 livres dans la pression de l'air. Sur des montagnes très-hautes, la diminution de la pesanteur, jointe à d'autres circonstances, fait éprouver aux hommes des vertiges, des nausées, des hémorragies et un mal-être universel (1); il est probable qu'à une hauteur très-grande, la raréfaction extrême de l'air, l'absence du gaz azote et l'abondance du gaz hydrogène entraîneraient une mort immédiate.

Rapport entre le poids de l'air et de l'eau.

Le rapport entre le poids de l'air et de l'eau distillée, à la température de 0 du thermomètre de Réaumur, par une pression moyenne de 28 pouces de mercure, est, selon des expériences très-soignées de M. *Biot* (2), celui de 1 à 770,30. L'air exerce une pression égale en tous sens ; sans cela, il briserait les corps fragiles. Cette qualité l'oblige, à l'instant même où, par une cause quelconque, l'équilibre entre ses parties est rompu, de tendre à le rétablir : c'est le principe de tous ses mouvemens. Il faut encore observer que le poids de l'air atmosphérique, à l'état ordinaire, provient peut-être, en grande partie, des corps étrangers qui y flottent. *Lambert*, d'après la différence qui se trouve entre la propagation réelle du son et celle que donne la théorie, a estimé que si l'on considérait un pied cubique d'air comme composé de 684 parties, il y en aurait 222 de matière étrangère, c'est-à-dire, à peu près un tiers (3).

Élasticité de l'air.

L'*élasticité* de l'air est la qualité qu'il a, étant compressible, de résister à la force qui le comprime, et de se rétablir sous son ancien volume, ou même sous un volume plus

(1) *Saussure*, Voyages, n[os] 559 et 2021. (2) *Haüy*, Physique, § 394.
(3) Mémoires de Berlin, 1768.

grand, dès que la force comprimante cesse d'agir. On ne connaît pas positivement les termes de la compressibilité et de la dilatabilité de l'air; on sait seulement qu'elles sont extrêmement grandes. *Boyle* prétendit avoir, sans le secours de la chaleur, dilaté l'air 13,766 fois (1). Personne n'ignore la manière dont on le comprime dans la canne à vent; en s'échappant, il lance un boulet avec une grande rapidité.

Dilatation de l'air.

Plus l'air jouit de son élasticité, plus il occupe d'espace ou se dilate. Newton a calculé qu'à 87 lieues de hauteur, l'air serait d'un milliard de milliards de fois plus raréfié qu'à la surface terrestre (2). Mais cette raréfaction doit avoir un terme. Le ressort de l'air sera d'autant plus affaibli, que la force avec laquelle chaque molécule tend à s'éloigner de celles qui sont au-dessous d'elle, sera devenue moindre que la force de la pesanteur qui les ramène vers la terre. La dilatabilité de l'air aura donc son terme au point où ces deux forces opposées seront égales.

Puisqu'on ne sait pas jusqu'où peut aller la raréfaction progressive de l'air, on ne peut pas non plus déterminer la hauteur précise de l'atmosphère. Diverses méthodes pour y parvenir sont toutes justes à un certain degré, mais insuffisantes pour amener une conclusion rigoureuse.

Hauteur de l'atmosphère.

Si, avec *Deluc* (3), on regarde l'air comme de l'éther condensé par la gravitation, il s'ensuivrait que, si la terre était le seul grand corps de l'univers, son atmosphère serait sans bornes. Mais puisqu'il y a d'autres globes, l'air, à une certaine distance, doit commencer à graviter vers eux, cesser de se dilater, et de nouveau se condenser. Ceci ne nous apprend rien de positif. Les astronomes se sont servis des réfractions, lesquelles sont sensibles à 18 degrés au-dessous de l'horizon; mais elles varient avec la température. Néanmoins, en prenant un terme moyen, on en a

(1) *Wallis*, Hydrostat. prop., 13. (2) *Newton*, Optice, quæst. 28.
(3) Modif. de l'Atmosphere, tom. II, p. 248.



conclu la hauteur de l'atmosphère 38,000 toises, ou entre 15 à 20 lieues (1). Le baromètre serait un moyen sûr et facile pour résoudre la question, si l'air n'était pas compressible; mais l'étendue différente des couches du même poids, et la présence des corps hétérogènes, rendent le calcul long et incertain. *Deluc* a trouvé que la hauteur de l'atmosphère, prise jusqu'au point où le mercure dans le baromètre ne se soutiendrait qu'à une ligne, serait de 25,100 toises, ou environ 11 lieues; et celle où le mercure ne serait qu'à $\frac{1}{10}$ de ligne, serait de 35,505 toises, ou environ 15 lieues et demie.

Variations de la hauteur de l'atmosphère.

L'atmosphère terrestre se dilate ou se resserre, en raison de la chaleur ou du froid qui y règne. Sous l'équateur, la raréfaction causée par les rayons du soleil concourt, avec la force centrifuge, à faire renfler l'atmosphère; de sorte qu'elle doit former autour de la terre un sphéroïde extrêmement aplati. *Laplace* croit que la différence entre les deux axes ne peut être, à son *maximum*, que celle de 2 à 3. Il est même naturel de supposer une sorte de flux et reflux dans l'atmosphère, correspondant aux marées de l'Océan. Mais d'Alembert et Boscovich ont démontré que les forces attractives du soleil et de la lune ne remuent que faiblement un fluide subtil comme l'atmosphère (2).

L'évaporation. Ses deux modes.

L'immense quantité de particules dont les corps terrestres se déchargent par évaporation, s'élève dans l'air sous la forme de vapeurs. Cette transpiration du globe est extrêmement forte sous l'équateur, mais le froid des pôles même ne l'anéantit pas tout-à-fait. Il existe, selon quelques savans, une grande différence entre l'*évaporation tranquille*, par laquelle les seules parties de l'eau, transformées en un fluide élastique, s'élèvent dans l'air, et l'*évaporation tumultueuse*, dans laquelle les vapeurs élastiques, en se dégageant avec une extrême rapidité, entraî-

(1) *Lalande*, Astronomie, tome II, p. 559.

(2) *Mann*, Mémoire sur le Flux et Reflux de l'Atmosphère, dans les *Mémoires de l'Académie de Bruxelles*, tome IV.

neut avec elles un grand nombre de molécules aqueuses dans leur état naturel (1). L'évaporation tranquille qui a lieu dans les régions tempérées et froides, ne change pas autant l'état naturel de l'atmosphère que l'évaporation tumultueuse, phénomène continuel dans la zone torride. Les parties aqueuses, répandues en grand nombre dans l'atmosphère des régions chaudes, lui enlèvent une portion de son calorique, par conséquent de son élasticité, ce qui le rend moins sensible à toute sorte de commotion, et explique la grande immobilité du baromètre dans cette zone. Il paraît certain que ni les pluies périodiques, ni les ouragans même, ne font sortir le baromètre de la tranquille uniformité qu'il montre dans le voisinage de l'équateur; tandis que, plus on approche du pôle, plus ses oscillations deviennent considérables. Cette variation de pesanteur dans l'atmosphère, dans les zones tempérées, semble ne pouvoir être attribuée qu'à des variations d'élasticité produites par l'évaporation.

Nature des évaporations. La diverse nature des substances terrestres produit encore des modifications de l'évaporation. Les gaz azote et carbonique, dégagés abondamment de plusieurs terres et roches, ne sauraient être indifférens dans l'opération chimique par laquelle le fluide atmosphérique se renouvelle sans cesse. Beaucoup de molécules terrestres, réduites à une grande ténuité, s'élèvent dans l'air, témoin les pluies salées, soufrées et autres. La quantité même de l'évaporation dépend de l'espèce des substances composant la surface du globe.

La terre, mêlée avec de l'eau, fournit plus de vapeurs que l'eau pure (2); ce qui est sans doute dû à une espèce de fermentation qui dégage une plus grande portion de calorique. Par une cause semblable, l'eau, au moment de sa congélation, s'évapore plus fortement. Les plantes

(1) *Hube*, sur l'Évaporation, p. 49-52, 103 *sqq.*, 402 *sqq.* (en all.) *Lichtenberg*, Magasin de Physique de Voigt, VIII, 178 *sqq.* (en all.)
(2) *Bazin*, Mém. de l'Académie de Paris, 1741.

envoient à l'air une immense quantité de vapeurs ; l'évaporation de l'*helianthus annuus*, par exemple, est 17 fois plus forte que celle d'un homme, à égalité de surfaces. Quelle ne doit pas être l'influence de ces épaisses forêts qui couvrent encore tant de vastes contrées !

La plupart des physiciens n'ayant point encore examiné avec attention les différentes modifications de l'évaporation, se bornent à dire qu'une partie de l'eau, élevée en vapeur, se mêle intimement à l'air atmosphérique qui la dissout ; cette eau y est invisible ; mais lorsque l'air est saturé, les particules aqueuses qui ne cessent de s'élever ne se dissolvent plus, et y restent suspendues en vapeurs vésiculaires, dont la réunion forme les *nuages* et les *brouillards*, et donne, en général, naissance à tous les *météores aqueux*. Il arrive aussi qu'une partie de l'eau dissoute par l'air, en s'en dégageant de nouveau par une cause quelconque, prend la forme de vapeurs vésiculaires.

Les météores aqueux se présentent de deux manières : suspendus dans l'air, comme les brouillards et les nuages ; ou tombant à terre, comme la rosée, la pluie et la neige. Météores aqueux.

Le froid, en condensant les vapeurs qui déjà se sont élevées en l'air ; la chaleur, en raréfiant l'air et sollicitant les vapeurs à se dégager de la terre et à s'élever ; enfin, un changement quelconque dans la constitution physique de l'atmosphère (1), produit ces réunions de vapeurs visibles que nous nommons *brouillards* quand ils s'étendent sur la surface de la terre, et *nuages* lorsqu'ils planent dans l'espace. En s'élevant dans les airs ou sur les montagnes, le voyageur franchit quelquefois une zone de nuages, et voit ces amas de vapeurs s'étendre au-dessous de lui comme une plaine couverte de neige floconneuse (2) ; mais, même sur le Chimboraço, on voit toujours, à une hauteur immense, certains nuages blanchâtres semblables à des flocons de laine. Ces nuages, qui sont peut-être à une centaine de lieues du globe, doivent probablement Nuages.

(1) *Bergmann*, Géographie-Physique. §§ 113-114. (2) *Reichardt*, Voyage aerien ; Gazette de Berlin, juin 1810.

leur élévation à l'électricité négative dont ils sont pourvus, et qui les repousse de la terre, tandis que l'électricité positive y fait descendre les brouillards (1). Deluc a vu un nuage très-élevé descendre avec rapidité vers la terre, répandre une forte pluie d'orage, et remonter à son premier niveau avec la même promptitude; ce qui était évidemment un effet de l'électricité (2).

Brouillards humides et secs. Les *brouillards* sont de deux espèces, *secs* et *humides*. Ceux-ci sont très-rares dans la zone torride; ils assiégent continuellement les régions polaires. La raison de cette différence est aisée à trouver: la compression habituelle de l'atmosphère et sa densité étant beaucoup plus grandes vers le pôle, les vapeurs peuvent s'élever et s'éloigner de la terre. Les *brouillards secs* proviennent, selon quelques savans, des vapeurs souterraines; ils montrent une liaison sensible avec les éruptions volcaniques. Tel était du moins le cas du fameux brouillard qui, en 1783, enveloppa toute l'Europe au moment où le feu volcanique ébranlait l'Islande, et immédiatement après le désastre de la Calabre (3). En 1755, avant le désastre de Lisbonne, un semblable brouillard se montra dans le Tyrol et en Suisse; il parut composé de molécules terrestres réduites à une extrême finesse (4).

Rosée. Parmi les météores aqueux tombant à terre, la *rosée* a fait naître le plus de conjectures; elle paraît être d'une double nature; elle peut, en partie, être produite par la transpiration des plantes; mais la plus grande quantité se forme par la précipitation des vapeurs qui, pendant un jour chaud, se sont élevées à une hauteur peu considérable. L'influence de l'électricité sur ce phénomène est certaine, quoique encore mal expliquée; car la rosée ne se montre abondante qu'après une journée où l'air a été

(1) *Hube*, sur l'Evaporation, chap. L, p. 291 *sqq*. (2) *Deluc*, Modifications de l'Atmosphère, II, 724. (3) *Beroldingen*, Réflexions sur le grand brouillard. Brunswick, 1783 (en all.). Magasin de Physique de Gotha, II, 9; IV, 114; V, 119. (4) *Lambert*, Act. Helv., tom. III. *Bergmann*, Géographie-Physique, § 123.

trés-électrique (1), et elle ne s'attache nulle part en plus grande quantité qu'à la surface des corps qui ne sont pas conducteurs d'électricité, tels que le verre et la porcelaine. Les métaux, au contraire, paraissent l'absorber. La rosée est nulle ou faible dans les régions polaires, dans les contrées arides et sur les mers des zones tempérées; plus abondante sous les climats chauds, elle y remplace souvent la pluie; mais, en plusieurs pays, elle est nuisible à l'accroissement des plantes et à la santé de l'homme; elle l'est surtout dans les pays marécageux, où les vapeurs qui s'élèvent pendant le jour sont d'une nature malfaisante.

La *gelée blanche* est une rosée qui s'est gelée un moment après qu'elle est tombée. Fixée sur les arbres dépouillés de leur verdure, elle présente l'aspect d'une végétation cristalline. Gelée blanche.

La *pluie* tombe des nues lorsque les vapeurs vésiculaires qui en font partie se réunissent en gouttes. Ces gouttes n'ont, dans nos climats, que quelques lignes de diamètre, mais, dans la zone torride, jusqu'à un pouce. Ainsi, la différence qu'on remarque entre la pluie d'orage et la pluie ordinaire paraît n'être qu'accidentelle, et l'origine de l'une et de l'autre peut être attribuée à une diminution d'électricité dans les nuages. Les montages sont autant de pointes qui soutirent le fluide électrique; voilà pourquoi il pleut presque continuellement dans certains pays montagneux, comme sur la côte orientale de la Norwége et de l'Écosse. Dans les contrées où le tonnerre est inconnu, comme aux environs de Lima et sur toute la côte du Pérou, on ne connaît pas non plus la pluie (2). Pluie.

Lorsque les vapeurs aqueuses se congèlent, soit en tombant, soit dans l'air, elles forment des *neiges*. La cristallisation ordinaire du sel ammoniac en petits cristaux plumeux (3) offre des phénomènes semblables à celui qui Neige.

(1) *Du Fay*, Mémoire sur la Rosée. Mémoires de l'Acad. des sciences, 1736, p. 352.

(2) *Hube*, sur l'Évaporation, chap. 51-56, p. 296-328. (3) *Monge*, Annales de Chimie, V, p. 1 *sqq*.

se présente dans la cristallisation de la neige. « Si l'on » remplit un vase de verre profond et chaud, dit » M. *Monge*, d'une dissolution de sel ammoniac saturée à » chaud, et qu'on laisse ensuite lentement refroidir celle- » ci dans un air calme, la surface du liquide est la pre- » mière qui arrive à la supersaturation, taut à cause du » refroidissement direct qu'elle éprouve, qu'à cause de » la concentration que l'évaporation y provoque; c'est » donc à la surface que les premiers cristaux se forment. » Ces cristaux, d'une extrême petitesse, sont aussitôt » submergés que formés; et parce que leur pesanteur » spécifique est un peu plus grande que celle du liquide » qui les contient, ils descendent avec lenteur, en même » tems leur volume augmente par une addition de cris- » taux semblables qui se forment sur leur passage, en » sorte qu'ils arrivent au fond du vase en flocons blancs, » nombreux et volumineux. La progression rapide de la » cristallisation est due uniquement à l'affinité des molé- » cules; le premier cristal, qui descend au fond, donne » comme un signe de ralliement à toutes les molécules qui » avaient une tendance à se réunir. » On peut comparer à ces phénomènes la formation de la neige dont les premiers cristaux, nés au haut de l'atmosphère, déterminent, à mesure qu'ils descendent, par l'excès de leur pesanteur spécifique, la cristallisation des molécules aqueuses, que, sans leur présence, l'air environnant aurait retenues en dissolution. Il en résulte des étoiles à six rayons, lorsque le tems est calme et que la température n'est pas assez élevée pour déformer les cristaux en fondant leurs angles; mais lorsque l'atmosphère est agitée et que la neige tombe de trop haut, les cristaux se heurtent, se réunissent en groupes et forment des flocons irréguliers.

Grêle. La *grêle* est, selon toutes les apparences, de la neige ou de la pluie neigeuse qui a subi plusieurs congélations et plusieurs fontes superficielles, en passant par différentes zones, les unes tempérées, les autres glaciales. Mais quelle cause peut produire ces fortes variations de tempé-

nature ? L'électricité qui, en combinant l'oxigène et l'hydrogène, leur enlève une partie de leur calorique (1). Aussi la grêle, même celle du printems, est accompagnée de traces d'électricité (2). C'est par un appareil électrique qu'on est parvenu à imiter la grêle (3). On peut ajouter que les éruptions des volcans sont souvent suivies de la chute d'énormes grêlons (4). La violence avec laquelle la grêle est lancée sous un angle oblique, et indépendamment du vent, s'expliquerait en supposant, avec le célèbre *Volta*, deux nuages électriques s'attirant dans une direction verticale, et produisant par leur choc la grêle, qui serait ensuite poussée dans la diagonale de sa pesanteur et de la résultante des deux directions des nuages.

Tels sont les principaux faits que la physique a devinés à l'égard de la formation des météores aqueux. Leur influence sur le bien-être de la terre est plus facile à déterminer. Nous voyons toute la nature languir quand l'atmosphère retient trop long-tems le fluide enlevé à la terre ; les plantes penchent tristement leur feuillage jaunissant ; les animaux sentent leurs forces défaillir ; l'homme lui-même, ne respirant que de la poussière, peut difficilement se procurer un asile contre la chaleur qui l'accable et contre la sécheresse qui le dévore : mais à peine les eaux célestes se sont-elles répandues, que tous les êtres vivans se sentent renaître : les champs reprennent leur parure verdoyante ; les fleurs, leur éclat ; les animaux, la liberté de leurs mouvemens ; les élémens de l'air, leur équilibre salutaire. La neige elle-même, dont le nom effraie les peuples méridionaux, est un véritable bienfait de la nature ; elle garantit les racines des plantes des effets d'un froid rigoureux ; elle humecte lentement des terres où la pluie ne s'arrêterait pas ; elle fraie à l'homme du nord des routes commodes et agréables sur lesquelles il glisse joyeu-

Effets des météores aqueux.

(1) Journal de Physique, ou Observations, etc. de *Rozier*, 1778, sept. *Cotte*, Journal général de France, 1788, n° 95. Magasin de Gotha, VI, 126, etc. *Libes*, Dictionnaire de Physique. (2) *Senebier*, Journal de Physique, 1787, mai. (3) *Quinquet* et *Seiferheld*, voyez Magasin de Gotha, VI, 189 ; VII, 45-47, etc. (4) *Stephensen*, Tableau de l'Islande, p. 307 (en all.).

sement dans son léger et brillant traîneau, tandis que l'habitant du midi, sous un ciel nébuleux, reste également privé des agrémens de l'hiver et de ceux de l'été. La *grêle* seule, parmi les météores aqueux, ne se montre jamais que sous l'aspect d'une calamité ; les oiseaux et les quadrupèdes, par instinct, se cachent dès qu'ils en ont eu le pressentiment (1) ; l'homme ne sait ni prévoir ce météore, ni en arrêter les ravages ; il a pu enchaîner la foudre, mais il voit la grêle écraser ses blés, briser ses arbres fruitiers, et endommager ses maisons même, sans pouvoir y apporter aucun remède.

Quantité des eaux atmosphériques.

L'excès d'humidité pourrait bien devenir funeste à la terre ; mais il est difficile que cet excès ait lieu. La quantité des eaux atmosphériques versées par les météores aqueux varie selon les climats. A Paris, on a trouvé qu'il tombait annuellement 24 pouces d'eau de pluie et de rosée ; à Iolmezzo, dans le Frioul, les pluies seules fournissent 82 pouces ; et à Carfagnana, dans les Apennins, 92 ; il en tombe à la Grenade, 105 ; et à Léogane, dans l'île de Saint-Domingue, 150 pouces. Il est probable que partout la quantité de l'eau évaporée détermine celle qui descend de l'atmosphère (2).

Nature des eaux atmosphériques.

Les effets salutaires des météores aqueux sont encore modifiés par la nature chimique des eaux atmosphériques. Les pluies et les rosées salées aux environs de la mer Caspienne, dues aux vapeurs qui s'élèvent d'un sol imprégné de divers sels (3), contribuent probablement à ces efflorescences salines, qui, selon M. *Olivier*, envahissent peu à peu le sol jadis fertile de la Perse. Elles sont si fortes, que, dans une nuit d'été froide, on les voit se déposer sur les chameaux, sous la forme d'un givre contenant du sel ammoniac. Dans le Jutland occidental, nous voyons des brouillards saumâtres s'élever du sein de la mer, cou-

(1) Cours complet d'Agriculture pratique, par *Rozier*, *Sonnini*, etc. (Chez *Buisson*), art. *Météorologie*. (2) *Delamétherie*, Théorie de la Terre, § 1254. *Cotte*, Météorologie. *Hales*, Statique des végétaux. Mémoires de *Sedilleau* (Académie de Paris), de *Wargentin* (Académie de Stockholm), etc., etc. (3) *Gmelin*, Description de la Russie, III, 11-12.

sumer le feuillage des arbres, en arrêter la végétation, sans nuire à celle des graminées. Les brouillards d'automne, en France, probablement chargés d'électricité, hâtent quelquefois la maturité du raisin.

Parmi les météores aqueux, il y en a quelques-uns qui passaient autrefois pour surnaturels, mais auxquels des observations plus exactes ont ôté tout ce qu'ils avaient de miraculeux. Telles sont les *pluies de sang*, qui ont lieu lorsque l'eau pluviale entraîne avec elle une grande quantité de certains insectes rouges qui flottent dans l'atmosphère, ou qui fourmillent sur la terre. Les *pluies de soufre* ont pu réellement avoir lieu, même sans des éruptions volcaniques; car l'air contient du carbone et du gaz sulfurique, qui, combinés par le calorique, forment du soufre. En 1646, au mois de mai, on vit pleuvoir à Copenhague une matière qui, examinée par les savans d'alors, leur parut être du soufre minéral (1); mais le même phénomène se renouvela, en 1804, également au mois de mai, et les savans d'aujourd'hui, en analysant la matière tombée, n'y virent qu'une substance végétale semblable au *semen lycopodii* (2). La phosphorescence de cette substance, au moment de la pluie, qui eut lieu pendant la nuit, avait offert un spectacle effrayant. D'autres exemples concourent à ne voir, en général, dans les pluies de soufre, que la chute d'une poudre végétale enlevée par une trombe, phénomène que nous décrirons plus loin. A Bordeaux, en 1761, le vent apporta une nuée composée de la poussière jaunâtre qui couvre les étamines des fleurs de pins, dans les landes voisines (3). Les ouragans enlèvent aussi quelquefois des gerbes de blé et de petits animaux, comme des sauterelles, des crapauds, qui, en retombant à une distance considérable, effraient les bonnes femmes des campagnes. Le phénomène le plus effrayant dans ce genre, les pluies de feu, a été observé

Pluies de sang, de soufre, de feu, etc.

(1) *Wormius*, Muséum, lib. I, cap. 9, sect. I. (2) Mémoires de *Viborg* et de *Rafn*. (3) *Sigaud Lafond*, Dict. des Merv. de la nature, tome III, p. 196.

à deux reprises par un grand naturaliste, qui déclare n'y avoir vu qu'une pluie fortement chargée d'électricité, et qui étincelait en touchant la terre (1).

Phénomènes optiques.

Passons aux météores lumineux, et d'abord à ceux qui, selon la physique commune, dépendent de la réfraction et de la réflexion.

Les rayons solaires, disent les newtoniens, en passant d'un milieu plus rare dans un milieu plus dense, subissent une inflexion, une déviation de leur chemin direct, qui s'appelle *réfraction*. Les sept rayons visibles ont une réfrangibilité différente; les rouges ont la moindre; viennent ensuite l'orangé, le jaune, le vert, le bleu clair, l'indigo, le violet. Tous les corps qui sont visibles sans être lumineux, ont la propriété de *réfléchir* la lumière, de la repousser et de la renvoyer. Les nuages et l'air même ont cette propriété. Les rayons qui ont le plus de réfrangibilité, sont aussi les plus réflexibles. Ces deux causes nous procurent les spectacles les plus agréables et les plus majestueux de la nature. Si le ciel brille d'une couleur azurée, tantôt claire, tantôt foncée, c'est l'effet des rayons bleu, indigo et violet, qui, d'abord réfléchis par la terre, sont ensuite renvoyés vers nous par l'atmosphère.

Crépuscule et aube.

La réfraction de la lumière lui permet de se répandre peu à peu dans notre hémisphère, obscurci par les ombres de la nuit, long-tems avant que le soleil n'y paraisse, et lorsque cet astre est à 18 degrés au-dessous de notre horizon. Le *crépuscule* et l'*aube* sont un grand bienfait pour les laboureurs, pour les navigateurs, pour les malheureux habitans de la zone glaciale. Par leur effet, les deux pôles doivent jouir, pendant environ neuf mois, de la lumière solaire. Le soleil lui-même paraît, par la réfraction, au-dessus de l'horizon, avant qu'il n'y arrive en effet.

Aurore et coucher du soleil.

L'*aurore* et le *coucher du soleil* doivent leurs teintes brillantes à ce que l'air, vers la nuit et au matin, se condense

(1) *Bergmann*, Géog.-Phys., II, 45, § 115.

et se remplit de beaucoup de vapeurs. Les rayons trés-réfrangibles nous parviennent peu ou point; les rouges et les jaunes ont seuls assez d'inflexibilité pour pénétrer à travers l'atmosphère, et en rendre les vapeurs et les nuages comme autant de miroirs mobiles. C'est la même raison qui souvent fait paraître le soleil plus rouge le soir et le matin. Le doux spectacle de l'aurore et du crépuscule est presque refusé aux régions équatoréales, où le soleil se lève à peu près verticalement; c'est vers les pôles que ces clartés réfléchies de l'astre du jour se prolongent le plus, et changent souvent la nuit entière en un jour magique dont l'Européen méridional ne saurait se faire une juste idée.

Parélies ou faux soleils.

Les *parélies* sont des phénomènes moins communs. On voit à côté du soleil, souvent au-dessus et au-dessous, plusieurs images plus ou moins vives de cet astre; ces *faux soleils* sont tantôt entourés d'un cercle d'une lumière pâle, tantôt ornés des couleurs de l'iris; le plus souvent ils n'ont pas une parfaite rondeur, et l'on en a vu qui avaient des queues lumineuses. Ce météore n'a jamais été vu en même tems de plusieurs endroits éloignés; il change même d'aspect pour des spectateurs très-voisins l'un de l'autre. C'est donc un effet d'optique. Comme il neige et grêle ordinairement au moment où une telle parélie disparaît, on croit que c'est dans une masse de petites aiguilles de glace suspendues dans l'air que se réfléchit l'image du soleil; les rayons passent probablement à travers une ouverture entre des nuages épais, comme lorsqu'on fait tomber l'image solaire dans la chambre obscure (1). Il y a aussi des *parasélènes* ou de fausses lunes. Ces illusions ne peuvent guère avoir lieu que lorsque le soleil, éloigné du zénith, darde ses rayons obliquement sur l'atmosphère; aussi presque toutes les parélies arrivent le matin ou le soir. Les parélies ont sou-

Parasélènes.

(1) *Huyghens*, Dissert. de coronis et pacheliis, in op. relict., II. *Bergmann*, Géographie-Physique, § 122.

vent lieu dans les contrées où règne un froid humide; on les voit fréquemment au Groenland, et l'on assure qu'aux environs de la baie d'Hudson, le soleil, en se levant, semble ordinairement avoir une queue.

Arc-en-ciel. *L'arc-en-ciel* a beaucoup de rapport avec les parélies, et les accompagne ordinairement. Personne n'ignore que cet arc de cercle, si merveilleusement coloré, est le produit des sept rayons solaires réfractés dans des gouttes d'eau suspendues dans l'air, et réfléchis sur un nuage obscur comme sur un fond. C'est dans les traités de physique qu'il faut chercher l'explication de ce phénomène (1).

Diverses espèces de reflets. Ce qu'on a nommé l'*apothéose des voyageurs*, est un phénomène du même genre que l'arc-en-ciel. Placés sur la montagne très-élevée de Pambamarca, dans le Quito, les académiciens Bouguer, Godin et la Condamine virent leur propre image reflétée dans un brouillard très-fin et entouré de plusieurs cercles concentriques ornés des couleurs de l'iris. Le *spectre du Brocken* est une illusion optique du même genre.

Mirage. Le *mirage* ou l'apparition des objets qui ne se trouvent point réellement dans l'horizon, ou qui s'y trouvent dans une autre situation, est une des illusions optiques les plus remarquables. Sur mer, elle fait paraître des rochers et des bancs cachés sous l'eau, comme s'ils étaient élevés au-dessus de sa surface; ainsi les marins suédois ont longtems cherché une prétendue île magique qui se montrait de tems en tems entre les îles d'Aland et les côtes de l'Uplande; c'était un écueil élevé par le mirage (2). D'autres fois, les Anglais ont vu avec effroi la côte de Calais et de Boulogne se rapprocher en apparence des rivages de leur île. Les vaisseaux se présentent quelquefois comme s'ils étaient renversés ou comme s'ils naviguaient dans les

(1) *Haüy*, Traité de Physique, §§ 955-975. Comp. Observations sur l'Arc-en-Ciel, suivies de l'application d'une nouvelle Théorie, etc., par M. l'abbé *P.*, Paris, 1788. (2) Mémoires de l'Académie de Stockholm

nuages (1). Le plus fameux exemple de ce phénomène est celui qui se montre fréquemment dans le détroit de Messine, et que le peuple attribue à la fée Morgane, *Fata Morgana ;* le spectateur, placé sur le rivage italien, voit sur le plan incliné que forment les flots pressés au milieu du détroit, des images de palais, de remparts crénelés, de maisons et de vaisseaux, tantôt renversées, tantôt confusément redressées, et qui semblent lui présenter des villes et des paysages aériens (2). De tous les effets du mirage, celui qui a été le mieux examiné, c'est l'illusion optique qu'éprouvèrent les Français dans les déserts voisins de l'Egypte ; la plaine de sables, couverte dans le lointain d'une vapeur épaisse, leur offrait l'image trompeuse d'un vaste lac vers lequel ils se précipitaient, mais qui semblait fuir devant eux (3). Tous ces bizarres jeux d'optique, dignes d'exercer la sagacité des savans, qui, sans doute, n'y verront pas l'effet d'une seule et unique cause, ne peuvent être que brièvement indiqués dans un traité de géographie-physique.

La *lumière zodiacale* mérite plus spécialement notre attention ; c'est un grand phénomène qui doit tenir, ou à la nature de l'atmosphère terrestre, ou à la position du globe envers le soleil. Cette lumière, qui est constante sous l'équateur (4), se présente, après le coucher du soleil, sous la figure d'une clarté tranquille, blanchâtre, et de forme lenticulaire, ayant sa base tournée vers le soleil et son axe dans le zodiaque. *Mairan* a supposé que cette lumière était l'atmosphère du soleil (5) ; mais cette explication, assez généralement admise, est absolument rejetée par M. de Laplace. Cet illustre géomètre observe, ce nous semble avec raison, que l'atmosphère du soleil ne

Lumière zodiacale.

(1) *Minasi*, *Gilbert*, etc. Voyez le *Mémoire* sur les *Fata Morgana*, qui paraîtra dans les *Annales des Voyages*. (2) Philosophical transactions, 1799. (3) *Monge*, sur le Mirage, dans les *Mém. d'Egypte*, I, 64.

(4) *Horner*, Astronomie de l'Expédition de Krusenstern, dans *Zach*, Correspondance, X, 211, 219, 340 (avec une figure).

(5) *Mairan*, Traité de l'Aurore boréale, p. 12.

saurait avoir la forme lenticulaire, ni s'étendre au-delà de l'orbite de Mercure, tandis que la lumière zodiacale semble même s'étendre au-delà de l'orbite terrestre (1). S'il nous était permis, dans un ouvrage de cette nature, de développer de nouvelles opinions, relatives à la physique, nous chercherions à rendre vraisemblable que la lumière zodiacale n'est autre chose que le fluide lumineux propre du globe terrestre, attiré par le soleil dans la direction de sa route journalière apparente, et qui, étant accumulé sur cette ligne, devient visible au moment du déclin de cet astre; cet effleuve, formant une bande elliptique, dont le grand diamètre est toujours dirigé vers le soleil, doit se présenter sous une figure lenticulaire, dont la partie la plus large est tournée vers le soleil. Il est vrai que cette explication suppose que le fluide lumineux répandu dans tout l'univers s'accumule autour des globes célestes en raison de leur masse et de leur densité, ce qui n'est qu'une hypothèse encore fort incertaine.

Météores ignés. Parmi les *météores ignés* dont nous allons nous occuper, le *tonnerre* occupe le premier rang. On sait qu'il est le produit de l'électricité, dont la théorie doit être étudiée dans les traités de physique. Nous avons vu que la présence toute-puissante du fluide électrique se manifeste d'une manière très-sensible dans l'air, la pluie, la neige, la grêle et les nuages, qui flottent au milieu de l'atmosphère. Ces corps reçoivent la vertu électrique des mains de la nature, par des moyens qui ne nous sont pas précisément connus, quoique les expériences de Lavoisier et de Laplace aient mis hors de doute que les corps terrestres, en s'évaporant, enlèvent à la terre une partie du fluide électrique qui lui est propre. On sait que c'est au célèbre *Franklin* que nous devons la preuve positive de l'électricité de l'atmosphère; il osa le premier dresser un appareil contre les nuages, et arracher au ciel les carreaux de la foudre. L'électricité des nues d'orages est presque toujours celle que les phy-

Tonnerre.

(1) *Laplace*, Système du Monde, liv. IV, ch. 10.

siciens nomment *vitrée* ou *positive*; elle augmente à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, et doit, par conséquent, être très-vigoureuse dans les couches d'air où naissent les orages. Tout le globe terrestre peut être regardé comme un vaste réservoir de l'une et de l'autre électricité, mais plus souvent de la résineuse ou négative. Tant que ces deux corps restent dans leur état naturel, il y a équilibre entre les deux électricités, et par conséquent repos; mais si un de ces deux corps, soit la terre, soit l'atmosphère, est électrisé par une quantité additive du fluide électrique, il n'y a plus égalité de répulsion et d'attraction; le fluide part sous la forme d'une étincelle; c'est *la foudre* qui est ou *descendante* ou *ascendante*. Quelquefois on voit ces deux espèces de foudre presque dans le même moment; la terre et l'atmosphère semblent se renvoyer tour à tour leur surplus d'électricité. L'étincelle attirée et conduite de préférence par des métaux et des corps humides, exerce des ravages qui, n'ayant pu être observés de sang-froid, restent encore enveloppés d'obscurité; ici, la foudre excite des flammes rapides et dévorantes; là, elle se borne à courber et à fracasser les objets qu'elle rencontre. Tantôt elle ôte un instant la vie aux animaux, tantôt elle parcourt les vêtemens d'un individu sans lui nuire.

Foudre descendante et ascendante.

On a observé une espèce de flux et reflux périodique dans le fluide électrique de l'atmosphère. En été, lorsque la terre est sèche, que le jour est chaud, sec et serein, l'électricité atmosphérique va en croissant depuis le lever du soleil jusque vers le milieu du jour, où elle parvient à son *maximum*; elle y reste stationnaire pendant une couple d'heures, et diminue ensuite jusqu'à la chute de la rosée. Vers minuit, elle se ranime pour s'éteindre de nouveau, et presque entièrement. En hiver, le *maximum* de l'électricité est à huit heures du matin et à huit heures du soir; elle est plus faible dans la journée. Dans toutes ces variations, l'électricité atmosphérique semble suivre assez exactement le développement du gaz hydrogène, qui est

Variations du fluide électrique.

plus ou moins considérable dans les différens momens du jour (1). Les phénomènes électriques affectent certaines parties du globe de préférence. Vers les pôles, le dégagement du gaz hydrogène est peu abondant, et en même tems il n'y a point de frottement continuel entre la terre et l'atmosphère : aussi ne voit-on que rarement la foudre éclater dans ces contrées ; le tonnerre n'y est qu'une faible décrépitation. A mesure qu'on s'avance vers l'équateur, le gaz hydrogène devient plus abondant, et en même tems les orages plus forts. C'est sous la ligne que l'on trouve cette vaste étendue de mer où règnent, presque sans interruption, les tonnerres et les orages. Il y a cependant des contrées sous la ligne où il tonne fort rarement. Si la foudre semble être particulièrement attirée vers les endroits marécageux, ne pourrait-on pas en chercher la cause dans la présence du gaz inflammable des marais, qui n'est qu'un gaz hydrogène impur ?

On a prétendu qu'il y a dans le fluide électrique du globe deux courans : l'un, des pôles vers l'équateur ; l'autre, en sens contraire. C'est une hypothèse assez probable.

Effets des orages.

Les orages, malgré les malheurs qu'ils causent de tems en tems, et que le paratonnerre ne prévient pas d'une manière absolue, méritent d'être regardés comme un des plus grands bienfaits du créateur. Ils répandent de la fraîcheur dans l'atmosphère échauffée et desséchée. Désaltérée par les pluies d'orages, la plante reprend son vert brillant, la fleur relève sa tête languissante ; les moissons et les fruits, pénétrés d'une nouvelle chaleur, mûrissent plus rapidement, et l'homme en silence adore le grand Être dont la puissance vient de se manifester.

Nous allons considérer divers phénomènes ignés, mais

---

(1) *Saussure*, Voyages, §§ 800-803-831. *Lemonnier*, Mém. de l'Académie, 1752, p. 240-241. *Beccaria*, Electricité terrestre, § 1087.

dont aucun ne présente la terrible énergie du tonnerre. C'est un spectacle aussi magnifique qu'étonnant, que ces *aurores boréales* tant de fois chantées par Ossian. Dans ces météores, teints de sang et de feu, quel poëte ne verrait les ombres des guerriers qui, jadis, vainqueurs de la terre, à présent dominateurs des airs, se penchent de leurs nuages pour regarder les combats de leurs neveux? Ces pâles et tranquilles lueurs ne sont-elles pas les filles des héros qui, moissonnées dans leur printems, planent aujourd'hui sur l'aile du vent? On entend leurs soupirs et les légers bruissemens de leurs robes resplendissantes. Quelles colonnes lumineuses s'élèvent vers le zénith et s'y assemblent de toutes parts! C'est le palais errant des morts. Peintres et poëtes, c'est à vous qu'il est permis de retracer toute cette magie. Nous devons nous borner à une description rigoureuse (1). L'aurore boréale se montre toujours du côté du nord dans nos contrées européennes; elle tire ordinairement un peu à l'ouest. Au Groenland, on aperçoit quelquefois ce phénomène du côté du midi. Dans l'hémisphère austral, il se montre, mais avec un éclat affaibli, du côté du pôle du sud. Les anciens paraissent l'avoir décrit sous les noms de *lampes* ou *torches ardentes* et autres; aujourd'hui, il est rare dans la zone tempérée, et ne devient commun que vers le 60e degré de latitude. Il commence ordinairement trois ou quatre heures après le coucher du soleil; il s'annonce par un nuage sombre qui présente à peu près la figure d'un segment de cercle, dont l'horizon forme la corde. Ce segment vu à Upsal, par exemple, est d'un noir foncé, tandis qu'en Laponie il paraît grisâtre, ou même devient presque invisible. Bientôt sa circonférence paraît bordée d'une lumière blanchâtre, qui semble quelquefois se consumer tranquillement. Le plus souvent, le segment nébuleux s'ouvre en crevasse; il en sort des jets et des rayons de lumière

Aurore boréale.

(1) *Mairan*, Traité des Aurores boréales, p. 115. *Bergmann*, Géog.-Phys., II, 96-104.

colorés en jaune, rose, pourpre ou vert-céladon. Un mouvement général agite toute la masse nébuleuse et éclairée; des rayons plus vifs les uns que les autres, se croisent comme des éclairs au milieu d'une vaste clarté; peu à peu, il se forme au zénith une couronne lumineuse qui semble être le point central de tous les mouvemens de la matière lumineuse. Après avoir occupé pendant une heure ou deux presque toute l'étendue du ciel, le phénomène se resserre d'abord du côté du midi, ensuite à l'ouest et à l'est, et finit par disparaître au nord. Le soleil levant éteint ces clartés rivales de la sienne. Mais plus on s'éloigne du pôle, moins on voit distinctement ces diverses phases de l'aurore boréale. Elle ne paraît généralement en France que comme une lumière peu élevée au-dessus de l'horizon.

Les physiciens ont donné diverses explications de ces phénomènes; celle qu'a proposée dernièrement le professeur *Libes*, a paru aux savans réunir la simplicité à la probabilité (1).

Explication de l'aurore boréale.

Ce physicien pose d'abord six principes: 1° Si l'on excite l'étincelle électrique dans un mélange de gaz azote et de gaz oxigène, il en résulte de l'acide nitrique et de l'acide nitreux, ou du gaz nitreux, suivant le rapport qui existe entre le gaz oxigène et le gaz azote, qui composent le mélange. 2° L'acide nitrique exposé au soleil prend plus de couleur et de volatilité. *Schéele* a observé le premier ce phénomène, et M. *Libes* a fait là-dessus des observations fréquentes. Ayant placé un récipient sur une soucoupe contenant de l'acide nitrique, et ayant exposé le tout au soleil, il a vu que l'acide s'est coloré, et que le récipient a été rempli de vapeurs rutilantes qui s'y soutenaient long-tems, en répandant une clarté semblable à celle des aurores boréales. 3° Dans les flacons qui contiennent de l'acide nitreux, on aperçoit toujours, au-dessus de l'acide, une vapeur très-rouge et très-volatile

(1) Traité de Physique, par *Libes*, tome III, page 309.

qui ne se condense jamais. 4° Le gaz nitreux, en contact avec l'air atmosphérique, exhale des vapeurs rutilantes qui s'envolent dans l'atmosphère. 5° Le gaz hydrogène qui se dégage de la surface du globe va occuper, dans les hautes régions de l'atmosphère, une place marquée par sa pesanteur spécifique. 6° La chaleur solaire a très-peu d'activité dans les régions polaires.

En réfléchissant sur ces principes, il est aisé de voir que la production du gaz hydrogène étant presque nulle dans les régions polaires, le fluide électrique, en refluant de l'équateur vers le pôle, ne doit rencontrer qu'un mélange de gaz azote et de gaz oxigène; que l'étincelle électrique fixe et combine ces deux gaz; que cette réunion doit donner lieu à une production de l'acide nitrique, de l'acide nitreux ou du gaz nitreux, selon le rapport qui règne entre les deux gaz composans, et que de ces gaz et acides nitriques ou nitreux, doivent s'exhaler des vapeurs rutilantes et volatiles qui donnent lieu aux phénomènes de l'aurore boréale. Si ces phénomènes n'ont pas lieu dans les zones tempérées, c'est que, dans leur atmosphère fortement échauffée, il se trouve toujours un mélange de gaz oxigène et de gaz hydrogène que l'étincelle électrique fixe de préférence en y occasionnant la foudre et le tonnerre. Ces deux phénomènes ne sont point connus dans les régions polaires, parce que le gaz hydrogène y manque.

Les observations de *Gmelin* le père, dans son voyage de Sibérie, tendent à confirmer l'opinion de M. *Libes*. En avançant dans la Sibérie orientale, les aurores boréales deviennent toujours plus fréquentes, plus éblouissantes; on dirait que les contrées glaciales entre le Jénisséi et le cap Behring sont la patrie de ces phénomènes. Or, c'est justement la partie de l'ancien continent où le froid est le plus vif, et par conséquent où il se développe le moins de gaz hydrogène.

Remarques sur cette explication.

Cette explication pourtant ne rend pas raison de plu-

sieurs circonstances du phénomène, entre autres du segment noirâtre qui en forme la base; il faut attendre que des observateurs éclairés en aient fait l'application suivie à un certain nombre d'aurores boréales. Nous demanderions à ces observateurs, si l'aurore boréale ne serait pas en partie due à un effet de mirage? si le segment circulaire ne serait pas l'image du globe terrestre lui-même, répétée dans l'atmosphère nocturne? Alors, les rayons lumineux qui paraissent sortir de ce segment nébuleux, sortiraient réellement de la terre elle-même. C'est une idée que nous livrons à l'examen des savans.

D'autres phénomènes ignés nous rappellent vers la surface terrestre. On sait que des matières animales en putréfaction, il se développe toujours du phosphore, qui, s'enflammant par le contact de l'atmosphère, produit des flammes légères et mobiles. Telle est probablement l'origine de ces *feux follets* qui voltigent dans l'obscurité sur les cimetières et sur les champs de bataille; ils ont pu causer les prétendues apparitions d'esprits dans les églises, où une mauvaise habitude entasse les restes des morts. Le gaz hydrogène se combine souvent avec le phosphore; ce mélange n'est pas propre à la respiration, il suffoque subitement. C'est encore une circonstance qui semble entrer dans beaucoup d'histoires de revenans et d'apparitions.

Feux follets

Il se dégage aussi des marais un air inflammable, qui est du gaz hydrogène mêlé avec l'azote. L'air qui brûle à la surface de certaines sources, connues sous le nom de *fontaines ardentes*, provient également du gaz hydrogène phosphoré. Il existe une de ces sources dans la paroisse de Saint-Barthélemy, département de l'Isère. Le dégagement du gaz inflammable est, pendant l'été, si considérable, qu'on voit continuellement une flamme de 7 pieds de hauteur, et que des voyageurs, à son aspect, se sont imaginés voir un village en combustion (1).

Fontaines ardentes.

(1) *Bouvier*, Journal de la Médecine éclairée par les Sciences physiques, tome III, n° 3.

Les *feux follets*, nés d'un développement d'hydrogène phosphoré, doivent nécessairement s'éteindre rapidement ; une succession de ces feux paraîtra donc, aux yeux du spectateur, être une seule flamme qui se transporte avec rapidité d'un lieu dans l'autre. En veut-on approcher ? L'air poussé devant nous force le feu léger à s'éloigner (1). Il y a d'autres feux semblables qui se montrent immobiles dans un certain endroit ; il en existait un près Rettwick en Suède, qui était attribué à un dragon veillant sur des trésors ; un simple mineur osa diriger une fouille qui mit à découvert une caverne remplie de pyrite sulfureux et de pétrole, dont la combustion avait été la cause du phénomène (2).

Les *étoiles tombantes* ou *volantes* sont connues de tout le monde. Elles reconnaissent probablement pour cause un gaz hydrogène plus ou moins sulfuré, car le phosphore est trop rapidement enflammé par le contact de l'air pour qu'il puisse s'élever aussi haut. Ce qui semble prouver l'origine sulfuro-hydrogénique de ces météores, c'est la considération des circonstances qui les accompagnent ou les suivent. Ces feux, à ce que l'on assure, tombent souvent à terre, et l'on ne trouve à l'endroit de leur chute qu'une matière fétide, glutineuse, d'un blanc tirant sur le jaune. Or, on sait que le gaz hydrogène sulfuré tient du soufre en dissolution ; que l'hydrogène et le soufre ne brûlent point en même tems ; que, par conséquent, la partie sulfureuse peut se précipiter à terre pendant que l'hydrogène, mêlé à l'oxigène de l'air, s'allume par une légère étincelle électrique. Étoiles tombantes.

Le *feu de Saint-Elme* est assez généralement regardé comme une accumulation de matière électrique autour d'une pointe qui se meut dans l'air. Ainsi ce feu doit naturellement se montrer souvent au sommet des mâts d'un vaisseau naviguant avec rapidité. Les anciens ont remarqué ce phénomène ; une paire de ces feux s'appelait Feu de Saint-Elme.

(1) *Derham*, Philosoph. Transact., n° 411. (2) Mémoires de l'Académie de Stockholm, 1740. *Bergmann*, Géog.-Phys., II, 80.

Castor et Pollux; un seul portait le nom d'*Hélène*. Souvent on vit les lances d'une armée ornées de ces bouquets électriques (1). Un naturaliste suédois, voyageant à cheval par un tems neigeux, vit ses doigts, sa baguette et les oreilles de son cheval couverts d'un feu de cette nature (2).

Globes de feu. Les *globes de feu* offrent un spectacle beaucoup plus imposant que tous les phénomènes précédens. On en voit d'une étonnante grandeur; leur lumière est quelquefois rougeâtre, mais plus souvent d'une blancheur vive et éblouissante, semblable à la flamme du zinc mêlé avec le nitre. Ils se meuvent avec la rapidité de l'éclair, et semblent parcourir les hautes régions atmosphériques, puisqu'on les a vus en même temps à des endroits fort éloignés l'un de l'autre. Peut-être ceci n'est-il qu'une suite de leur marche rapide, qui est quelquefois de 6 lieues par seconde. On les voit souvent, dans l'espace de quelques secondes, apparaître, traverser l'horizon, éclater comme un feu d'artifice, se briser en morceaux, ou lancer des torrens de flammes. Une terrible détonation ébranle les airs et la terre au moment où ils éclatent. Il y en a qui se précipitent comme la foudre, écrasent les toits des maisons, tuent les animaux, démâtent et fracassent les navires. D'autres fois, ils marchent sur la terre comme un tourbillon de feu, brûlent les végétaux, dévorent, ou du moins renversent tout ce qui se rencontre sur le chemin. La foudre les accompagne quelquefois. En général, l'électricité et l'hydrogène, peut-être aussi le gaz nitreux, semblent jouer ici un grand rôle; mais l'apparition trop momentanée de ces phénomènes n'a pas permis de les observer avec soin. Ce n'est donc que par hypothèse qu'on regarde les pierres tombées du ciel comme les noyaux de ces petites comètes de l'atmo-

(1) *Homer.*, Odyss., XX, 133. *Cic.*, de Divinat., I, 18. *Virg.* Géorg. I, 478. *Plin.*, Hist. nat. II, cap. 37. *Seneca*, Quæst. nat. I, 1. *Cæsar*, Bell. Afric., 6. *Liv.* XXII, 1. (2) *Forskal*, dans *Bergmann*, Géogr.-Phys., § 130.

sphère terrestre ; mais du moins cette hypothèse a pour elle un haut degré de vraisemblance (1).

Tous les phénomènes que nous venons de considérer se montrent avec éclat, ou même avec fracas ; il y en a un qui se présente comme le résultat d'une petite force invisible, tranquille, mais qui n'en embrasse pas moins tout le globe terrestre. Je veux parler du *magnétisme*. Magnétisme Ce phénomène est fort peu connu, quant à sa nature. Tout ce qu'on sait se réduit à ceci. Il semble exister une matière ou force quelconque qui influe probablement sur tous les corps terrestres, mais qui se manifeste principalement en agissant sur la mine de fer oxidulée nommée *aimant*. Ces substances, présentées l'une à l'autre, s'attirent mutuellement par un certain point, et se repoussent par un autre ; elles tournent constamment ces deux points, où leur action magnétique se concentre, vers les deux pôles du monde ; elles communiquent, par le frottement ou par le contact, cette vertu à des barres et à des aiguilles de fer, ou plutôt d'acier, de sorte qu'une telle *aiguille aimantée* indique par une de ses pointes le nord, Aiguille aimantée. et par l'autre le sud, sauf quelque déviation. On cherche à expliquer ce phénomène de la direction des aimants, en supposant que le globe soit lui-même un grand aimant qui exerce sa force magnétique sur tous les corps plus ou moins sensiblement. Nous n'entrerons pas dans les discussions auxquelles cette hypothèse donne lieu (2).

La terre, considérée comme un grand aimant, a des pôles et un équateur différens de ceux qui lui donnent sa figure et sa rotation. C'est ce que démontrent les deux espèces de déviation observées dans l'aiguille aimantée.

La déviation, ou l'angle que l'axe de l'aiguille aimantée

(1) Voyez ci-dessus, liv. XXXIII, p. 271.

(2) *Æpinus, tentamen theoriæ magneticæ* ; les Mémoires de *Coulomb*, membre de l'Institut ; ceux d'*Euler*, dans les *Mémoires de Berlin*, 1751, 1755 et 1757 ; les Mém suédois pour les années 1750 et 1768, avec la carte de *Wilke* ; les Transactions de la Société royale irlandaise, vol. IV, Dublin. *Van Swinden*, Mémoires sur l'Analogie de l'Electricité et du Magnétisme. *Haüy*, Physique, §§ 720-832.

Déclinaison de l'aiguille. fait avec le méridien du lieu, s'appelle *déclinaison*; elle est occidentale ou orientale, varie dans divers endroits du globe, à divers tems de l'année, même à diverses heures du jour. Ces diminutions et augmentations semblent varier périodiquement. Ces variations sont très-considérables. A Londres, la déclinaison était 11 degrés 15 minutes à l'est, en 1580; en 1657, l'aiguille montrait directement nord; en 1692, on remarquait déjà 6 degrés de déclinaison occidentale, et en 1799, cette déclinaison était montée à 21 degrés. En 1666, la déclinaison était nulle à Paris; en 1795, elle montait à 22 degrés 30 minutes vers l'ouest. On trouve sur le globe des suites de points dans lesquels la déclinaison est nulle; mais *ces bandes sans déclinaison* changent tous les ans de position. On est obligé de refaire les mappemondes magnétiques tous les 10 à 12 ans.

Les oscillations diurnes sont aussi considérables. *Celsius* observa une variation de 12 minutes dans une heure, et de 2 à 7 minutes dans les 24 heures. Les expériences de *Cassini*, faites à Paris, donnent le résultat intéressant que voici. Depuis 8 heures du matin à 2 heures d'après midi, la direction de l'aiguille se rapproche de la méridienne; elle s'en écarte ensuite jusqu'à 9 heures du soir, et reste stationnaire pendant la nuit. La somme des oscillations vers l'ouest l'emporte sur celle des mouvemens en sens contraire.

Inclinaison de l'aiguille. L'*inclinaison* consiste en ce que l'aiguille aimantée, qui, sous l'équateur, ordinairement se soutient dans l'équilibre horizontal qu'on lui a donné en la plaçant sur son pivot, s'en écarte à mesure qu'il s'approche des pôles; l'une de ses extrémités s'abaisse toujours vers le pôle voisin. La plus grande inclinaison dont on ait parlé jusqu'ici, est celle de 82 degrés, observée par *Phipps* à la latitude de 79 degrés 44 minutes nord. D'après les observations de M. de Humboldt, l'intensité des forces magnétiques, et surtout l'inclinaison, augmente en allant de l'équateur aux pôles, tandis que le voyageur aérien M. Gay-Lussac a constaté qu'à 3600 toises au-dessus de nous, elles étaient les mêmes que sur la terre.

Le cercle qui coïncide avec le plan vertical, passant par la direction de l'aiguille, s'appelle *méridien magnétique*. Les points où se couperaient tous ces méridiens, seraient les *pôles magnétiques* de la terre. Un grand cercle, sous lequel l'inclinaison de l'aiguille est nulle, sera l'*équateur magnétique*. D'après les savantes recherches du célèbre *Biot* (1), l'équateur magnétique forme aujourd'hui avec l'équateur terrestre un angle de 10 degrés 58 minutes 56 secondes; son nœud occidental, sur l'équateur terrestre, est à 120 degrés 2 minutes 2 secondes à l'occident de Paris, c'est-à-dire près des îles Gallapagos, dans la mer du Sud; d'où il suit que son nœud oriental est à 59 degrés 57 minutes 55 secondes à l'orient de Paris, dans la mer des Indes. L'équateur magnétique descend, au sud de l'équateur terrestre, dans l'Océan Ethiopien, et s'élève au nord dans le grand Océan oriental. Ainsi, un hémisphère boréal projeté sur l'équateur magnétique, présenterait encore un plus grand excès de terres sur l'hémisphère aquatique opposé, que n'en présente déjà un hémisphère boréal projeté sur l'équateur terrestre; circonstance qui, jointe à la direction magnétique de plusieurs chaînes d'îles, nous fait pressentir le grand rôle qu'a dû jouer le magnétisme dans la formation du globe.

Méridiens, pôles et équateur magnétiques

Nous avons appris à connaître tous les fluides atmosphériques; nous allons considérer les mouvemens qui agitent tout cet océan de gaz et de vapeurs.

---

(1) Mémoires de *Humboldt* et *Biot*, sur les Variations du Magnétisme terrestre à différentes latitudes. *Journal de Physique*, frimaire an XIII, p. 244 *sqq*.

LIVRE TRENTE-HUITIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Des mouvemens propres de l'Atmosphère, ou des Vents.

L'ATMOSPHÈRE éprouve des mouvemens qui en déplacent les particules dans différens sens, et qui, tous ensemble, dépendent d'une cause unique, savoir : de l'équilibre rompu, dont le rétablissement a nécessairement lieu selon les lois communes à tous les fluides. Un changement dans la température d'une colonne d'air, la transformation d'une partie des gaz atmosphériques en eau, leur congélation; en un mot, tout ce qui cause un vide, une condensation, une dilatation, et qui, par conséquent, rompt l'équilibre entre diverses parties de l'atmosphère, y produit nécessairement un déplacement rapide d'une masse d'air, un *vent* (1).

Définition des vents.

Vélocité des vents.

Le degré de vélocité des vents étant la circonstance qui frappe le plus les sens, il en résulte plusieurs dénominations arbitraires, dont voici les principales :

Vent doux, celui qui parcourt en		1 seconde	10 pieds.
— *moyen*.		*Id.* — —	16
— *fort* (grand vent).		*Id.* — —	24
— *impétueux* (coup de vent). .		*Id.* — —	35
Tempête	*petite*.	*Id.* — —	43
	moyenne	*Id.* — —	49
	forte.	*Id.* — —	54
Ouragan	des zones tempérées.	*Id.* — —	60
	de la zone torride. .	*Id.* — —	120 à 300

On ne désigne pas la direction des vents, comme celle des courans maritimes, par le point du compas où ils tendent, mais par celui d'où ils viennent; ainsi un *vent de nord* est directement opposé à un *courant nord*.

(1) *D'Alembert*, Recherches sur la cause générale des vents; Paris, 1754; *de la Coudraye*, Théorie des vents et des ondes, couronnée à Copenhague, en 1786; Halley, *Account of the trade-winds and moussons*, dans les Transactions philosophiques, n° 183; Forrest, *Treatise on the moussons*. Londres, 1783. *Dampier*, Traité des vents.

Nous distinguons, sous le rapport de la durée, les vents constans des vents *variables*; et sous le rapport de l'étendue, les vents *généraux* des *partiels*. Genres des vents.

Il y a deux mouvemens généraux et constans dans l'atmosphère : l'un régne dans la zone torride et porte l'air, relativement à la terre, à l'occident, dans un sens conforme à celui du mouvement général des mers ; l'autre, qui se fait surtout sentir dans les zones tempérées, et qui amène l'air polaire vers l'équateur : ce dernier mouvement produit donc deux courans ou effluves polaires, semblables à ceux que nous avons déjà observés dans les mers.

Considérons d'abord le mouvement équatoréal de l'atmosphère qui produit les *vents alizés* ou le vent constant d'est, qui souffle dans la zone torride. Ces vents ont probablement pour cause première, la dilatation qu'éprouve l'air par l'action de la chaleur ; car il est évident que la chaleur du soleil (que nous supposons dans le plan de l'équateur) raréfie les colonnes d'air et les éléve au-dessus de leur niveau ; d'où il résulte qu'elles doivent nécessairement, ou se dissiper dans les espaces célestes, ou retomber par leur poids, et se porter vers les pôles dans les parties supérieures de l'atmosphère. Mais dans le même tems il doit survenir un nouvel air frais, qui, arrivant des régions polaires, vient remplacer celui qui a été raréfié à l'équateur. Il se formera deux courans d'air opposés, l'un dans la partie inférieure, l'autre dans la partie supérieure de l'atmosphère. Or, la vitesse réelle dont chaque molécule d'air est animée, due à la rotation de la terre, doit être d'autant plus petite, qu'elle est plus près des pôles : d'où il résulte que l'air circompolaire, en s'avançant vers l'équateur, et en conservant pendant un espace de tems sa vitesse primitive, doit tourner avec plus de lenteur que les parties correspondantes de la terre; les corps situés à la surface de la terre doivent donc le choquer avec l'excès de leur vitesse, et en éprouver, par sa réaction, une résistance opposée à leur mouvement Cause du vent constant d'est.

de rotation. Ainsi, pour l'observateur qui se croit en repos, l'air paraît se mouvoir dans un sens directement contraire à celui de la rotation du globe, c'est-à-dire, d'orient en occident.

Modifications du vent constant d'est.

Les différentes positions du soleil, dans les diverses saisons, produiront dans ces mouvemens de l'atmosphère des modifications dont nous indiquerons la marche générale. Lorsque le soleil passe du côté du pôle boréal, en avril, mai et juin, l'atmosphère de cet hémisphère est dilatée proportionnellement depuis l'équateur jusqu'au pôle. Cet air s'élevera donc, et le vide causé par sa raréfaction dans les couches inférieures sera rempli par un courant polaire. On aura dans cette saison un vent du nord; mais ce vent du nord, à une certaine latitude, par exemple, à 30 degrés, rencontrera le vent général d'est; s'il le rencontre sous un angle droit, il se fera un mouvement composé, et on aura le vent nord-est. Le soleil, arrivé au solstice d'été, échauffera plus ou moins toutes les parties de l'hémisphère boréal, et cette chaleur s'y soutiendra quelque tems : c'est pourquoi il nous viendra moins de vents du nord en juillet et en août. Mais l'astre du jour rétrograde ; l'air polaire se refroidit et se condense de nouveau ; l'atmosphère équatoréale se dilate de plus en plus. Le vent général du nord recommencera donc en septembre et octobre. Ce vent augmentera de plus en plus à mesure que le soleil s'éloignera de nous et s'approchera du solstice d'hiver. Il y aura un terme où la condensation de l'air au nord de l'équateur, et la dilatation de celui de l'hémisphère austral, s'arrêteront : alors il régnera dans toute l'atmosphère un équilibre plus ou moins parfait ; ce sont les jours alcyoniens.

Ces mêmes phénomènes, dans le sens inverse, doivent avoir lieu dans l'hémisphère austral. Il régnerait donc sur tout le globe des vents équatoréaux et des vents polaires réguliers, si ces mouvemens généraux n'étaient pas contrariés et détournés par une infinité de causes. N'avons-nous pas vu que des variations semblables influent sur les

courans aquatiques ? Or, l'atmosphère étant un fluide infiniment plus subtil, et en même tems moins homogène que l'eau, il n'est point étonuant qu'elle soit plus sensible à la moindre impulsion, et plus sujette à des changemens inattendus.

Les inégalités de la surface terrestre, et la diversité des sols, influent certainement beaucoup sur la constitution de l'atmosphère. Là s'élèvent des montagnes couvertes de neiges éternelles ; l'air ne peut donc y éprouver la même dilatation que dans les vallées : ici s'étendent des sables brûlans ou des forêts, des marais, des savanes qui exhalent divers gaz inflammables : ailleurs ce sont de grands bassins d'eau, entourés et coupés irrégulièrement par les terres. Il y aura donc dans l'air des condensations et des dilatations relatives et partielles : c'est ce qui produit les *brises* de mer, de terre, et les *brises* de montagnes. Ces changemens se feront différemment en été et en hiver, le jour et la nuit. Il y aura donc des brises de matin et de soir ; ce sont ces *auræ matinales*, ces zéphyrs, dont l'haleine rafraîchissante nous ranime dans la saison chaude. Causes des vents variables.

Ces brises alternatives se font sentir même à des latitudes très-élevées, comme, par exemple, à Berghen en Norwège. Les îles de la mer du Sud, nonobstant leur petite circonférence, attirent, pendant le jour, tellement vers elles le vent général d'est, qu'il les embrasse, pour ainsi dire, de toutes parts, et souffle de tous les points du compas vers le sommet central de l'île. La nuit venue, l'air reflue de ce centre vers la mer dans toutes les directions. Cette belle observation de *Forster* jette un grand jour sur la théorie des vents. Brises de mer et de terre.

Enfin, les chaînes de montagnes peuvent arrêter les vents dans la partie inférieure de l'atmosphère, ou les détourner de leur marche directe, quelquefois leur donner plus d'impétuosité, comme les courans de mer acquièrent plus de force dans les détroits et auprès des promontoires. Ces mouvemens violens de l'air arrêté par un obstacle ont surtout rendu fameux le cap Horn, le cap

de Bonne-Espérance et le cap Sud de la terre de Diémen, ainsi que le détroit de Bab-el-Mandel en Arabie, la *Bouche-du-Dragon* en Amérique, sans en nommer d'autres.

Vents de nature particulière.

Les exhalaisons du sol communiquent aux vents leur nature particulière. Ainsi, le *Samoum*, en Arabie, porte beaucoup de gaz nitreux; le *Harmattan*, en Guinée, beaucoup d'oxigène; le *Chamsin*, en Egypte, beaucoup d'azote.

Influence de la lune.

Les positions de la lune peuvent influer sur les vents, en produisant dans l'atmosphère une espèce de flux et reflux : mais nous ne croyons nullement que ce soit l'action immédiate de l'attraction lunaire qui excite ces oscillations : cette action immédiate, dans un fluide aussi subtil, est extrêmement passagère, et à peu près nulle quant à l'effet; c'est plutôt l'Océan qui réagit sur l'atmosphère. En général, les mouvemens de la mer doivent influer beaucoup sur ceux de l'air. C'est du sein de la mer que se développent, en grande partie, les principes constituans de l'air atmosphérique : ces parties auront donc une vitesse proportionnée à celle des particules aquatiques dont elles viennent de se dégager.

Les nuages, en interceptant ou en condensant les rayons du soleil; la pluie ordinaire, par son action refroidissante; la végétation, en absorbant beaucoup d'air; la décomposition des matières animales et végétales, peuvent contribuer à la formation des vents locaux.

Ouragans.

Les *ouragans* sont probablement d'origine électrique. Au moment où l'étincelle électrique combine le gaz hydrogène avec le gaz oxigène, pour produire la pluie d'orage, il se fait probablement une combustion d'une assez considérable quantité de gaz hydrogène; ce qui fait une chute subite de pluie ou de grêle : donc il y aura un vide très-grand dans lequel l'air ambiant se précipitera avec une étonnante rapidité, et quelquefois selon les directions les plus opposées.

Les Antilles, les îles de France et de la Réunion, le

royaume de Siam et la Chine, sont les pays où les ouragans exercent le plus souvent leurs ravages. Les ouragans de l'Europe ne sont nullement comparables à ceux des pays plus méridionaux ; et, généralement parlant, ce sont plus souvent des *tournans d'air* occasionnés par la rencontre de deux vents contraires. Dans un vrai ouragan, tous les élémens semblent s'armer et se liguer pour la destruction de la nature. Les foudres se croisent, le tonnerre mugit sans interruption, la pluie se précipite par torrens. La vélocité du vent surpasse de beaucoup celle d'un boulet de canon et celle de la poudre renfermée ; il balaie tout, moissons, vignes, cannes à sucre, forêts et maisons ; on dirait qu'on a rasé le terrain par où il a passé. Il commence de diverses manières : quelquefois c'est un petit nuage noir qui se montre sur le sommet d'une montagne ; dans le même instant où il semble s'asseoir sur la montagne, il en descend les côtes, roule, s'étend et couvre tout l'horizon ; d'autres fois l'orage s'avance sous la forme d'une nuée couleur de feu, qui se montre subitement sur un ciel calme et serein (1).

Trombes ou siphons.

La *trombe* ou le *siphon* est un phénomène non moins dangereux. On en distingue de terrestres et de maritimes ; il vaudrait mieux les diviser en *trombes d'air* et *trombes aqueuses*. Cette dernière se présente ordinairement de la manière que nous allons décrire. Au-dessous d'un nuage épais, la mer s'agite de mouvemens violens ; les flots s'élancent avec rapidité vers le centre de la masse d'eau agitée ; y étant arrivés, ils sont dispersés en vapeurs aqueuses, et s'élèvent en tourbillonnant, suivant une spirale, vers le nuage. Cette colonne conique et ascendante est rencontrée par une autre colonne descendante qui, du centre de la nue, se penche vers celle marine et s'y réunit. Souvent la colonne marine a 50 à 80 toises de diamètre près la base ; mais toutes les deux elles s'amincissent vers le milieu, où est leur point de réunion ; et là,

(1) *Voigt*, Magasin de Physique, VII, 36-40 (en all.). Comp. Encyclopédie méthodique, Marine, tome III, partie 2e, p. 813 *sqq*.

elles n'ont que deux ou trois pieds de diamètre. Toute la colonne se présente comme un cylindre creux, ou comme un tube de verre vide à l'intérieur. Elle glisse sur la mer sans qu'on s'aperçoive d'aucun vent; on en a vu plusieurs ensemble qui suivaient des directions différentes. Lorsque la nue et la base marine de la trombe ne se meuvent pas avec une vitesse égale, il arrive de voir la trombe se pencher, se courber même, et à la fin se déchirer. Alors on entend un bruit comme celui d'une cascade qui roulerait dans une vallée profonde. Souvent des foudres sortent du sein même de la trombe, surtout dans le moment où elle se brise; mais on n'entend pas le tonnerre (1). Les physiciens expliquent ce phénomène de la manière suivante. Deux vents se rencontrent; il existe un tourbillon; un nuage qui se trouve entre ces deux vents est condensé en forme conique, et tourné circulairement avec rapidité. Cette rotation anime toutes les particules de la nue d'un mouvement centrifuge; elle se précipite vers les parois extérieures; il existe un vide dans l'intérieur, autour de l'axe du cône. L'eau, et tout autre corps qui se trouve au-dessous de ce vide, y est entraîné par l'effet de la pesanteur qui cherche à se mettre en équilibre.

Causes des trombes.

Après avoir considéré les causes générales des vents, et celles qui en modifient les effets, suivons maintenant la trace de ceux d'entre ces mouvemens atmosphériques qui, par leur régularité et leur généralité, intéressent le plus la géographie.

Vent alizé dans l'Océan Atlantique.

Dans l'Océan Atlantique, le vent général d'est, nommé vent alizé, règne, selon que le soleil est dans l'un ou dans l'autre hémisphère, jusqu'à 28 ou jusqu'à 32 degrés. Sur les côtes nord-est de l'Amérique, ce vent s'étend jusqu'à 40 degrés. On voit déjà, par cet exemple, que les courans atmosphériques, comme ceux de la mer, s'élargissent toujours à mesure qu'ils s'avancent; d'un autre côté, les

(1) Voyages de *Dampier*, *Thévenot*, *Le Gentil*, etc.; Encyclopédie méthod. Marine, tome III, partie 2e, p. 791. *Forster*, Observations de Géographie-Physique, p. 93 (en all.).

vents d'est, comme le mouvement des mers à l'ouest, ne peuvent commencer à se faire sentir vigoureusement qu'à une certaine distance du continent oriental, c'est-à-dire, de leur point de départ. La même circonstance a lieu dans l'Océan Ethiopien, où le vent d'est s'étend également de quelques degrés de plus aux côtes du Brésil, que près le cap de Bonne-Espérance. Ces vents d'est, recevant toujours le choc des deux courans atmosphériques polaires sous un angle plus ou moins droit, se changent en *nord-est* dans l'hémisphère boréal, et en sud-est dans l'hémisphère austral. Mais à mesure qu'on s'approche des côtes d'Amérique, le vent général d'est prend de la force, surmonte l'effet des courans polaires, et suit plus ou moins sa direction propre, savoir, de l'est à l'ouest.

Vents du golfe de Guinée.

Il règne sur les côtes de la Guinée, surtout depuis Sierra-Léone jusqu'à l'île de Saint-Étienne, sur une étendue de 500 lieues de côtes, des vents de sud et de sud-ouest. Ils tournent d'autant plus au sud-ouest et à l'ouest, qu'on se rapproche de la terre. Lorsqu'on ajoute à cette circonstance le fait constant qu'il règne quelquefois dans la Guinée un vent d'est d'une extrême violence, il est permis de regarder ces deux mouvemens comme ayant une liaison directe; les vents de sud et de sud-ouest ne seront que des effluves partiels du vent alizé général, qui sont attirés sur le vaste continent de l'Afrique, où l'air est prodigieusement raréfié par l'action des rayons solaires répercutés par des sables brûlans. Mais comme cependant le vent général d'est doit quelquefois se faire sentir dans l'intérieur de ce continent, il arrive que cette grande masse d'air, accumulée et condensée sur le plateau central de l'Afrique, fait de tems en tems des sorties violentes.

Région des calmes.

Sur les confins des deux vents alizés de l'Océan occidental, entre les 4ᵉ et 10ᵉ degrés de latitude nord, et les 330ᵉ et 365ᵉ degrés de longitude (de l'île de Fer), il y a un trajet de mer où les navigateurs éprouvent des calmes perpétuels, accompagnés d'une chaleur suffocante, de coups de tonnerre et d'éclairs terribles; enfin des pluies si fré-

quentes et si abondantes, que l'on a appelé ces parages la *Mer de Pluie.* Les petits vents qui s'y rencontrent ne sont que des bouffées subites de peu de durée, et qui s'étendent très-peu ; de sorte que quelquefois chaque heure donne un vent différent, qui dégénère en calme avant qu'un autre ne lui succède.

Les calmes règnent également sur les limites du vent alizé et des vents variables ; mais ils y sont bientôt détruits par des coups de vent et par des *travades* ou *tornado's.*

Travades.

C'est après avoir observé cet état habituel de l'atmosphère, qu'on a pu fixer des règles certaines pour la navigation en Amérique. On cherche toujours à gagner le sud et les latitudes voisines du tropique, parce que là on est sûr de trouver un vent frais d'est ou de nord-est qui, joint aux courans, vous pousse rapidement vers l'Amérique. Pour revenir en Europe, on cherche à gagner au moins les 30 degrés de latitude, parce que c'est là où les vents commencent à devenir variables; ils sont cependant le plus souvent au sud-ouest.

Vents alizés du grand Océan.

Dans le *grand Océan* ou la mer Pacifique, nous retrouvons le mouvement général de l'atmosphère de l'orient en occident, modifié par les deux courans polaires. La vaste étendue de cette mer permet à l'atmosphère de développer régulièrement ses mouvemens naturels. Les vents alizés de nord-est et de sud-est sont si constans et si forts dans cette mer, que, s'il y avait un détroit à la place de l'isthme de Panama, on irait beaucoup plus vite à la Chine par l'ouest que par l'est. Ces mouvemens partent de l'Amérique et de la chaîne des Andes ; ils sont donc plus faibles et ont moins d'étendue sur les côtes de l'Amérique, où ils ne commencent que vers les tropiques, et même en-dedans de ces cercles. Sur les côtes opposées de l'Asie et des terres australes, ils s'étendent jusqu'au quarantième parallèle. Les Espagnols, pour aller d'Acapulco aux Philippines, ne font que de se laisser entraîner par les vents et les courans, qui les poussent en ligne droite, et en fort peu de tems, au lieu de leur destination : voilà pourquoi, en na-

viguant pendant si long-tems sur cet Océan, ils n'ont découvert que très-peu de ces terres australes, dont ils n'étaient cependant pas très-éloignés. Pour retourner en Mexique, ils remontent jusqu'au Japon, d'où ils se dirigent sur les côtes nord-ouest de la Californie. C'est à la faiblesse du courant polaire boréal, tant aérien qu'aquatique, qu'il faut attribuer cette grande étendue des vents alizés; comme c'est la force supérieure des courans polaires du sud qui fait régner les vents du sud le long des côtes du Pérou.

Moussons ou vents semestraux de la mer des Indes.

Ce n'est que dans l'*Océan Indien* que les fameuses *moussons* ou vents de semestre semblent détruire l'uniformité du mouvement général de l'atmosphère, quoique sans doute ils y pourraient être ramenés, si l'on connaissait toutes les circonstances qui y influent. Voici d'abord les faits. Depuis le 10e degré de latitude sud jusqu'au tropique du Capricorne, et au-delà, le vent général alizé d'est ou de sud-est règne sur l'Océan Indien : il s'étend quelquefois en été jusqu'aux 2e et 3e degrés de latitude sud. Passé le 10e degré commencent les *moussons* (1), ou les vents périodiques de six mois. Au nord de l'équateur il règne, depuis avril jusqu'en octobre, un violent vent de *sud-ouest*, accompagné de tempêtes, d'orages et de pluies; dans les autres six mois il souffle, de *nord-est*, un vent doux et agréable. Entre le 2e et le 12e parallèles de latitude, les vents soufflent généralement, dans le semestre hivernal, de *nord-ouest;* et dans l'été, de *sud-ouest* (2).

Ainsi, dans l'hiver, la constitution atmosphérique offre ces élémens principaux : vents de nord-est, au nord de la ligne; vents de nord-ouest, au sud de la ligne jusqu'au 10e parallèle; enfin, vent alizé d'est et de sud-est. Dans l'*été*, les phénomènes sont moins contradictoires : vents de sud-ouest, depuis le 10e parallèle jusqu'aux extrémités septentrionales; vents alizés, au sud du 10e parallèle.

(1) D'un mot malaique, *moussin*, c'est-à-dire, saison. (2) *Moores Pratical navigation*, 12e édit. Londres, 1796, p. 124 et suiv.

Variations des moussons.

Ces dispositions générales subissent des variations déterminées par la configuration et l'élévation des côtes, par les détroits et les courans de mer. Les deux moussons de nord-est et de sud-ouest sont plus faibles, plus variables dans le golfe du Bengale, et plus constantes, plus violentes dans le golfe d'Arabie. Ces deux moussons s'étendent également plus en largeur vers l'ouest, car elles dominent sur tout le trajet de mer qui est entre l'Afrique et l'île de Madagascar. Dans les parages entre la Chine, le royaume de Siam, Sumatra et l'équateur, ces moussons se font également sentir; mais elles y sont presque tout-à-fait *nord* et *sud*, sauf les variations locales; elles s'étendent jusqu'aux îles Philippines, et même, quoique avec beaucoup d'inconstance, jusqu'à celles du Japon. Les moussons entre l'équateur, l'île de Java et la Nouvelle-Guinée, sont à peu près conformes à celles de la mer de la Chine pour la direction, qui varie seulement un peu vers le nord-ouest pour la mousson de nord, et vers sud-est pour celle de sud. Mais ces moussons ne commencent que six semaines après celles des mers de la Chine.

Comment les moussons changent.

Voici encore d'autres circonstances remarquables. Les moussons ne changent, ou, dans l'idiome des navigateurs, ne se brisent pas subitement; ce brisement, qui a ordinairement lieu quinze jours ou quatre semaines *après les équinoxes*, s'annonce par l'affaiblissement de la mousson, par des calmes et des coups de vent qui se succèdent rapidement, par des orages, des trombes, des travades et des ouragans indiens, nommés *taïfouns*, terribles surtout par les explosions de la matière électrique accumulée par la mousson. Les commencemens de la mousson subséquente sont d'abord soumis à des variations, jusqu'à ce qu'elle établisse enfin sa domination absolue.

Les navigateurs assurent qu'au sortir de la région où domine une mousson, on est sûr, toutes autres circonstances à part, de trouver un vent très-fort, très-impétueux, et directement contraire à la mousson. Ils doivent avoir observé ce phénomène avec beaucoup de soin, puisqu'il en résulte pour eux de grands dangers, par les calmes et

les tournans d'air. Ceci ne peut guère s'expliquer qu'en supposant, avec *Halley*, l'existence de deux courans; l'un supérieur, formé par l'air chaud et raréfié; et l'autre inférieur, composé de la colonne d'air froide et condensée. Cette hypothése devient presque une vérité constatée par l'observation du peu d'élévation qu'ont les moussons; ce dont on voit la preuve évidente dans la presqu'île en-deçà du Gange, où les moussons sont arrêtées pendant plusieurs mois par la chaîne des monts Gates, laquelle cependant n'est pas prodigieusement haute; de sorte que la côte de Coromandel et celle de Malabar ont toujours leurs saisons sèches et pluvieuses dans les tems opposés de l'année. Doubles vents.

D'après l'exposé précédent, c'est la seule *mousson de sud-ouest* qui offre un phénomène décidément contraire au mouvement général de l'atmosphère, car la mousson de nord-est y est conforme; et les vents de nord-ouest, au sud de la ligne, paraissent ne pas être parfaitement constans, et pourraient ne provenir que d'un mouvement composé ou d'un courant d'air supérieur. Quelle est l'origine de ce vent semestral qui, pendant l'été, souffle de sud et de sud-ouest sur tout l'Océan Indien ? Cette question a exercé la sagacité des géographes-physiciens (1). Voici l'explication dont *Halley* a posé les bases, et qui nous a paru la plus probable.

Les moussons changent toujours quelque tems après les équinoxes; elles soufflent constamment vers l'hémisphère où est le soleil. Donc, l'action de cet astre sur l'atmosphère en est visiblement une des causes. Lorsque ses rayons, réfléchis des monts du Thibet, brûlent les plaines du Bengale et les vallées du royaume de Siam, en y raréfiant et dissipant l'atmosphère, l'air froid des régions du sud polaire y est violemment attiré. L'action du soleil est secondée par le courant aquatique, qui, des mers polaires australes, vient dominer dans celle des Indes. Ce courant doit apporter une colonne de vapeurs qui se dégagent continuel- Explication générale des moussons.

(1) *Deluc*, Modifications de l'Atmosphère, n° 730. *Muschenbrock*, Essai de Physique, II, 879.

lement à sa surface. Ajoutons-y l'absence d'un courant aquatique du nord; l'on peut même croire que les montagnes du Thibet, et tout le plateau central de l'Asie, conservent et arrêtent l'air froid qui pourrait se porter de la Sibérie vers l'Inde.

Mais pourquoi ce vent polaire ne règne-t-il point au sud de l'équateur? Par la même raison qui y rend peu sensible le courant polaire aquatique. Le mouvement général de l'Océan, n'étant ici arrêté par aucun obstacle, a trop de force pour être modifié par le courant polaire. La même chose arrive dans l'atmosphère toujours intimement unie à l'Océan, qui sans cesse la modifie et l'alimente. Mais, à mesure qu'on laisse la Nouvelle-Hollande entre soi et l'Océan Pacifique, il est évident que le mouvement général de la mer des Indes est abandonné à ses propres forces; et ces forces sont bientôt vaincues par le courant polaire, qui, long-tems détourné, ou plutôt caché par le mouvement général des mers, reparaît dans toute son énergie. La colonne d'eau polaire remplit alors l'atmosphère de particules froides qui, par leur pesanteur, déterminent toute la masse de l'atmosphère à se porter vers l'équateur avec plus de force et plus directement qu'elle n'aurait fait sans cela. Au reste, il pourrait aussi y avoir des courans supérieurs dans l'atmosphère, qui descendissent vers la terre aux limites où commencent les moussons.

Explication des circonstances particulières.

Du côté de l'ouest, les montagnes de Lupata en Afrique, et celles de Madagascar, peuvent et doivent même concourir à fournir l'air nébuleux et orageux pour la mousson du sud-ouest, qui, pour cette raison, commence de ce côté déjà dans le canal de Mozambique. Peut-être des montagnes, dans l'intérieur de la Nouvelle-Hollande, exercent du côté d'est une influence semblable.

Le soleil passant dans l'hémisphère austral, la mousson change de direction; la masse d'air, concentrée pendant l'été sur le plateau central de l'Asie, s'ébranle en se portant vers les régions au sud de l'équateur, où l'atmosphère a été dilatée et dissipée par la chaleur solaire. Cette mousson

vient de nord-est pour la plus grande partie de la mer des Indes, parce qu'elle a le plateau central au nord-est. La mer de la Chine et les parages de Bornéo, de la Nouvelle-Guinée, de Java, ayant le centre de l'Asie au nord et au nord-ouest, la mousson leur arrive de ces points du compas. Elle leur vient dans une progression lente, à cause de nombreuses îles dont les montagnes élevées l'arrêtent et la détournent. La mousson nord-est est douce et agréable, parce que la masse d'air, concentrée sur le plateau central de l'Asie pendant l'été, avait originairement passé par la zone torride, et était ensuite restée exposée à l'action du soleil vers les tems du solstice : ce qui lui a enlevé le froid et la nébulosité, qu'autrement elle aurait pu acquérir par le contact avec l'atmosphère sibérienne. Il paraît possible que cette mousson de nord-est rencontre, vers le 2e ou 3e degré de latitude sud, un reste de la mousson précédente ; ce reste est peut-être entretenu par les montagnes de l'Afrique, de Madagascar et de la Nouvelle-Hollande ; car l'air froid de ces montagnes n'est pas sollicité de se porter vers le pôle du sud, et n'a aucun autre débouché que celui vers l'équateur. Il s'ensuivrait de ce choc direct de la nouvelle et de l'ancienne mousson, un mouvement composé, qui produirait ces vents de nord-ouest très-communs entre l'équateur et le dixième parallèle austral pendant tout le tems que dure la mousson de nord-est.

L'une et l'autre moussons sont plus fortes dans le golfe Arabique, parce que cette masse d'eau, très-resserrée et peu profonde, n'a d'elle-même que des courans superficiels qui ne peuvent résister à l'action des vents.

Conséquence générale.

C'est ainsi que toutes les irrégularités que présentent les vents affectés à un lieu ou à une région du globe, ne sont que les effets combinés des courans aériens généraux, des brises partielles, du mouvement apparent du soleil et de l'exposition des montagnes.

Le lecteur qui nous a suivi dans ces détails arides, mais indispensables, voudrait peut-être qu'on le récom-

pensât en lui retraçant le tableau des effets utiles ou agréables de tous ces vents dont nous venons d'indiquer les routes. Devons-nous nous arrêter à redire des choses si connues? Les vents, on le sait, purifient l'atmosphère en y entretenant une agitation perpétuelle; ils dissipent les miasmes qu'exhalent les marais et les eaux stagnantes; ils

Utilité et agrément des vents.

soulèvent et transportent les nuages destinés à fertiliser la terre au moyen de la pluie. Des millions de graines végétales, pourvues de petites aigrettes, voltigent sur l'aile des vents, et répandent au loin l'empire de la végétation. L'homme a su se faire du vent un levier qui, appliqué aux moulins, nous épargne un travail immense. Si l'Océan est le grand chemin du globe, les vents sont les infatigables coursiers qui portent rapidement nos vaisseaux d'un pôle à l'autre. En ne considérant les vents que sous les rapports pittoresques, combien de jouissances ne procurent-ils pas à celui qui aime le grand spectacle de la nature, surtout aux habitans des montagnes! Tantôt les vents étendent sur toutes les vallées un rideau de nuages qui laisse apercevoir les sommets des Alpes lointaines comme autant d'îles disséminées dans un Océan; tantôt, déchirant en partie ce rideau, ils nous ouvrent tout à coup les perspectives les plus étonnantes, où les jours les plus vifs forment un heureux contraste avec les ombres voisines. C'est aux coups de vents que le peintre et le voyageur doivent les vues les plus singulières qui peuvent s'offrir à leurs regards. Dans les soirées d'été, et surtout d'automne, ce sont les vents qui, en accumulant et modelant de longues traînées de nuages, créent et détruisent devant nos yeux ces paysages fugitifs, ces montagnes aériennes que colorent les feux du soleil couchant.

L'atmosphère éprouve encore diverses modifications relatives à sa température locale ou au *climat physique;* ces modifications vont faire le sujet du livre suivant.

LIVRE TRENTE-NEUVIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. De la Température locale de l'Atmosphère, ou des Climats physiques.

Aucune partie de la Géographie-Physique n'a été plus généralement livrée à l'empire de la routine et des préjugés, que celle où l'on traite des causes des climats physiques. On a long-tems considéré le soleil comme la source unique de la température que nous éprouvons dans les diverses régions de la terre; les influences qu'on accordait aux vents n'ont été déterminées qu'après quelques observations locales, faites par Hippocrate, en Grèce ou dans les contrées voisines. Pour que cette partie de la physique terrestre ait pu être approfondie, il a fallu que des nations civilisées non-seulement eussent envoyé des voyageurs près des pôles et sous l'équateur, mais encore qu'elles y eussent formé des établissemens stables. C'est en réunissant sous des points de vue généraux les résultats des observations locales réservées pour nos descriptions spéciales, que nous essayerons de tracer ici une esquisse de *climatologie* conforme à l'état actuel des sciences.

Le climat physique comprend la chaleur, le froid, la sécheresse, l'humidité et la salubrité dont jouit un endroit quelconque sur le globe. Climat physique.

Les causes du climat physique sont au nombre de *neuf*; les voici : 1° l'action du soleil sur l'atmosphère; 2° la température intérieure du globe; 3° l'élévation du terrain au-dessus du niveau de l'Océan; 4° la pente générale du terrain et ses expositions locales; 5° la position de ses montagnes relativement aux points cardinaux; 6° le voisinage des grandes mers et leur situation relative; 7° la nature géologique du sol; 8° le degré de Ses causes.

culture et de population auquel un pays est parvenu; 9° les vents qui y règnent.

L'air ne paraît pas acquérir immédiatement, par le passage des rayons solaires, un degré considérable de chaleur. C'est ce que prouve le refroidissement successif des différentes couches d'air, observé sur toutes les montagnes (1). La distinction entre le *calorique libre* qui échauffe les molécules, et le *calorique latent* qui seulement les dilate (2), nous fait concevoir que l'air supérieur, plus dégagé des vapeurs et moins comprimé, doit laisser passer plus librement les rayons calorifiques; qu'au contraire, plus l'air est condensé, et plus les rayons seront arrêtés, repoussés et réfléchis en plusieurs sens; le choc des deux fluides sera plus vif; et c'est probablement d'un choc semblable que provient le dégagement du calorique latent, principale cause de la chaleur sensible de notre atmosphère.

Calorique libre et latent.

Mais ce qui surtout contribue à échauffer l'air inférieur, c'est la réflexion des rayons qui viennent se heurter contre la terre, et qui, renvoyés vers l'atmosphère, s'y arrêtent dans la partie inférieure, emprisonnés, pour ainsi dire, au milieu des vapeurs aqueuses dont elle est chargée. Cette réflexion accumule nécessairement le calorique dans certaines régions voisines de la surface terrestre. Nous ne pouvons exposer ici la théorie du calorique considéré comme un corps rayonnant, théorie récemment développée (3); mais il suffit à notre but d'observer cette chaleur extraordinaire qui souvent règne entre deux côtes de la même montagne, tandis que la plaine voisine n'est que médiocrement échauffée.

Réflexion du calorique.

Le degré de la chaleur solaire immédiate est déterminé par quatre causes (4). La première est la distance du soleil

(1) *Deluc*, Modifications de l'atmosphère, II, § 797 *sqq*.
(2) *Laplace* et *Lavoisier*, Mémoire sur le Calorique latent, dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*, 1780, p. 388.
(3) *Prevost*, Théorie du calorique rayonnant. Genève, 1809.
(4) *Mairan*, Mém. de l'Académie des sciences, 1719 et 1765. *Bouguer*, sur la Gradation de la lumière. *Bergmann*, Géogr.-Phys. § 140.

à la terre ; si l'on prend la distance moyenne égale à 10,000, celle qui a lieu au solstice d'été se trouve égale à 10,166, et celle du solstice d'hiver égale à 9,833 ; le rapport est à peu près comme 30 à 29. La quantité des rayons tombant sur le même plan, étant comme les carrés des distances, leurs rapports seront comme 841 à 900, ou comme 1 à $1 \frac{1}{14}$. Ainsi la quantité des rayons solaires que le globe reçoit en général, en hiver, est plus grande que celle qu'il en reçoit en été. La seconde cause que nous avons à considérer, est la direction plus ou moins oblique dans laquelle les rayons frappent la terre, ce qui dépend de la hauteur du soleil dans l'écliptique. Plus le rayon tombe directement, plus il a de force, et, en même tems, il en tombe plus sur une étendue donnée. Fatio, en considérant la perpendicularité des rayons qui leur donne une plus grande force, estime que, toute autre cause à part, la chaleur de l'été à celle de l'hiver devait être comme 9 à 1. Mais ces calculs supposent la surface de la terre exactement sphérique, sans la moindre pente locale. La troisième circonstance à considérer est la durée du jour, ou la longueur de l'arc semi-diurne que le soleil décrit. La continuité augmente l'effet, et les courtes nuits ne laissent évaporer qu'une petite quantité de la chaleur acquise. Enfin, la quatrième cause qui modifie la chaleur solaire, est la réfraction que doivent éprouver les rayons en passant par plus ou moins de couches d'atmosphère. Bouguer a calculé que sur 10,000 rayons, il en parvient à un point donné 8,123, s'ils arrivent perpendiculairement ; 7,624 si l'angle de direction est de 50 degrés ; 2,031 s'il est de sept degrés ; et seulement 5 si la direction est horizontale.

Causes qui modifient la chaleur solaire immédiate.

La chaleur solaire, distribuée d'après ces quatre principes, serait absolument différente de celle que nous éprouvons réellement. Au solstice d'été, on aura, sous la ligne, 20 degrés du thermomètre de Réaumur ; à Paris, 36 ; sous le cercle polaire, 68 ; et sous le parallèle de 74 degrés de latitude, on éprouverait la chaleur épou-

vantable de 80 degrés de Réaumur; elle diminuerait ensuite vers les pôles. Au solstice d'hiver, le froid serait également distribué d'une manière tout-à-fait contraire à l'expérience. Ainsi, nous ne pouvons douter que l'action directe et immédiate des rayons du soleil ne détermine pas à elle seule les climats physiques.

Chaleur intérieure du globe. On a cherché la cause des climats dans la *chaleur intérieure* et constante du globe, qui paraît être assez généralement de 10 degrés de Réaumur au-dessus de 0. Cette Feu central. chaleur n'est point l'effet d'un feu central; un tel feu pourrait sans doute exister dans le sein du globe, puisqu'il y a des cavités remplies d'air; mais il devrait agir bien plus fortement et avec plus d'uniformité. On devrait en ressentir l'influence bienfaisante vers les pôles comme sous l'équateur. Toutes les sources profondes devraient être chaudes. *Romé de l'Isle*, dans son ouvrage sur la chaleur du globe, a réfuté tous les faux raisonnemens par lesquels Buffon et Bailly s'étaient fait illusion à eux-mêmes. L'idée la plus vraie qu'on puisse se former de la température intérieure du globe, c'est de la regarder comme le résultat de différens degrés de chaleur qu'il peut avoir acquis par l'action successive du soleil, et qui se sont accumulés pendant la suite des siècles, autant que la densité du globe le comportait, et autant que l'énergie des rayons solaires y suffisait. Le globe ayant une fois acquis ce fond de chaleur, qui s'est uniformément répandu dans toutes ses parties, la température variable de nos étés et de nos hivers ne peut plus produire de changement dans son intérieur. Mais si on supposait des fermentations locales dans l'intérieur, elles pourraient influer sur la température extérieure. Il se peut aussi que diverses espèces de sols transmettent avec plus de facilité que d'autres la chaleur intérieure. Enfin, les observations ayant démontré que la température intérieure des lacs et des mers est beaucoup au-dessous de celle des continens, il en résulte que l'atmosphère qui est en contact avec ces masses d'eau, doit constamment être moins

échauffée dans l'été qu'elle ne le serait sans cette circonstance (1).

Élévation du terrain.

Avec l'*élévation* du terrain, le froid augmente dans une progression très-rapide. Il est superflu d'en citer des exemples. Qui ne sait pas que l'hiver règne encore sur les Alpes et les Pyrénées, quand les fleurs du printems couvrent les plaines de la France septentrionale? Cette disposition bienfaisante de la nature étend considérablement le nombre des pays habitables dans la zone torride. Il est probable que derrière les plages brûlantes de la Guinée, il existe au centre de l'Afrique des contrées qui jouissent d'une température heureuse; comme on voit la vallée printanière de Quito, située sous la même latitude que ces funestes côtes de la Guyane française, où la chaleur humide entretient l'éternel germe des maladies. D'un autre côté, c'est l'élévation continuelle du terrain qui, dans l'Asie centrale, étend la région froide jusqu'au 35e parallèle de latitude, de sorte qu'en montant du Bengale au Thibet, on se croit en peu de jours transporté de l'équateur sous le pôle.

Expositions générale et locale.

L'*exposition* générale doit être distinguée de l'exposition locale. La France occidentale, par exemple, a l'exposition générale vers le coucher d'équinoxe; et cependant la vallée de l'Allier est exposée au nord; celle de la Mayenne au sud; celle de l'Ouest en Bretagne, au sud-est. Ainsi, la pente générale d'une grande contrée n'exclut aucune des pentes locales les plus opposées. Cependant on peut admettre comme un principe général, que la somme positive de toutes les expositions locales est dans le même sens que l'exposition générale. Ce principe ne peut s'appliquer qu'à de grandes étendues, comme, par exemple, au bassin total d'une rivière.

Effets de l'exposition.

Tout le monde sait de quel effet, pour la température, est l'exposition d'un terrain relativement au soleil. Un coteau incliné de 45 degrés vers le midi, le soleil étant

(1) Voyez les auteurs cités par *Delamétherie*, Théorie de la Terre, III, §§ 755-756, etc., etc.

élevé de 45 degrés, reçoit les rayons solaires perpendiculairement; tandis que, sur une plaine, ces mêmes rayons frappent le sol sous un angle de 45 degrés, c'est-à-dire, avec un quart de moins d'énergie; et le coteau incliné au nord de 45 degrés seulement, sera frappé des rayons solaires dans une direction horizontale qui le fait glisser le long de la surface. Si le terrain est encore plus incliné au nord, il ne recevra aucun rayon, et restera constamment dans l'ombre. Ces différences, déjà sensibles dans les pays de collines, deviennent énormes dans les contrées couvertes de hautes montagnes. C'est ainsi que, dans le Valais, on voit les Alpes d'un côté couvertes de glaces éternelles, tandis que les vignobles et les vergers ornent les coteaux opposés de tous les charmes de la fécondité.

Effets de la marche du soleil.

Il y a encore une autre circonstance à observer. L'angle d'incidence des rayons solaires est bien déterminé, pour un moment donné du jour, par l'exposition d'un terrain; mais il varie aussi avec la marche diurne du sol. Le coteau qui, le matin, recevait les rayons solaires sous un angle direct, les reçoit déjà plus obliquement à midi; et peut-être les rayons de l'après-midi ne feront-ils que glisser sur la surface de ce terrain. Il arrive précisément le contraire avec les coteaux exposés au couchant. Ceci a des conséquences très-remarquables, que nous allons indiquer.

Expositions occidentales et orientales.

Toute *exposition occidentale* (depuis sud-ouest à nord-ouest) doit être plus chaude que l'exposition orientale correspondante, toutes autres choses étant égales; car les rayons du matin, qui frappent directement les coteaux exposés au levant, ont à combattre le froid qui s'y est rassemblé pendant la nuit. Lorsque l'atmosphère, dans l'après-midi, sera à son plus grand degré d'échauffement, le rayon solaire ne viendra plus concentrer cette masse de chaleur sur les terrains en exposition orientale; car il n'y tombera qu'obliquement. Au contraire, les coteaux qui penchent vers le couchant se sont déjà pourvus de chaleur pendant toute la matinée; et lorsque le rayon solaire viendra les frapper directement, en y rassemblant

tout le calorique de l'atmosphère, il n'y trouvera aucun obstacle; toutes choses, au contraire, seront disposées en faveur de son action.

Sans nous arrêter à des explications plus détaillées, remarquons seulement qu'en vertu de ce principe, les expositions *sud-sud-ouest* et *sud-ouest* sont les plus chaudes de toutes, tandis que, par contre-coup, celles de *nord-est* sont les plus froides. On entend bien qu'il n'est question ici que de l'*hémisphère boréal*, et qu'on fait toujours abstraction d'une foule de circonstances locales et temporaires.

Exposition la plus chaude.

Comme un froid modéré est très-favorable à la santé, et que d'ailleurs, sous la latitude de la Grèce, le degré ordinaire du froid le peut faire regarder plutôt comme rafraîchissant que comme désagréable, il est évident que l'immortel *Hippocrate* avait raison de recommander les expositions orientales, sous le rapport de la salubrité (1). Mais n'est-il pas contraire au bon sens de vouloir appliquer ce même principe aux climats plus voisins du pôle, où l'on craint le froid, et où la chaleur, généralement plus modérée, n'amène avec elle aucune de ces maladies épidémiques dont parle Hippocrate? Il y a tant de circonstances qui concourent à rendre un climat salubre ou malsain, agréable ou rude, qu'il serait très-imprudent de vouloir caractériser les climats *uniquement* d'après les expositions générales ou locales.

Si l'on ne considérait les expositions que par elles-mêmes, en faisant abstraction des autres circonstances, on pourrait, avec Hippocrate, comparer celles orientales au printems; celles du midi, à l'été; celles de l'occident, à l'automne; celles du nord, à l'hiver: car il est vrai que la constitution la plus commune des climats, sous ces expositions, répond à celles des saisons auxquelles on les rapporte. Cependant une comparaison plus exacte et plus significative, serait celle avec les *points du jour*. Le plus grand

Parallèle des expositions avec les points du jour.

(1) *Hippocrate*, Traité des airs, des eaux et des lieux.

froid se fait sentir au grand matin ; ce point correspond à l'exposition nord-est, qui est la plus froide ; la chaleur augmente jusqu'à trois heures après midi ; de même les expositions deviennent toujours plus favorables à la chaleur, jusqu'à celle de sud-ouest ; viennent ensuite le soir et minuit, points correspondans aux expositions occidentales et boréales.

En examinant les climats particuliers à chaque pays (dans les volumes suivans de cette *Géographie*), on verra ces observations générales confirmées par un grand nombre d'exemples.

Position des montagnes. La *position des montagnes* n'est pas toujours essentiellement liée aux pentes du terrain, puisqu'il y a des plateaux montagneux qui (à la vérité dans une petite partie de leur étendue) n'ont aucune pente générale, comme dans la Mongolie, dans le Thibet ; et que, d'autre part, on trouve des pays qui se penchent de plusieurs côtés, sans que leur partie la plus élevée soit garnie de véritables montagnes, comme, par exemple, le centre de la Russie d'Europe.

Les montagnes agissent sur les climats de deux manières : elles attirent les vapeurs suspendues dans l'air ; ces vapeurs, en se condensant, produisent les nuages, les brouillards, qui ordinairement dérobent à notre vue les cimes des montagnes. Souvent aussi ces assemblages de matières aqueuses que les vents poussent çà et là, sont arrêtés dans leur marche vagabonde par les chaînes de montagnes, où ils s'accumulent dans les hautes vallées. Abri donné par les forêts. Ces effets sont encore plus sensibles, lorsqu'une chaîne de montagnes est couronnée de forêts que respecta la hache destructive. Elles augmentent l'élévation de la montagne ; elles en resserrent les passages ; elles fournissent surtout un aliment inépuisable aux eaux courantes. La destruction des forêts peut quelquefois être un bienfait pour un pays, en lui procurant une circulation d'air plus libre ; mais, poussée trop loin, c'est un fléau qui ravage des contrées entières. On en a vu des exemples funestes

dans les îles du cap Vert, sans en citer beaucoup d'autres d'une moindre évidence. C'est la destruction des forêts, et non pas un prétendu *refroidissement du globe,* qui a rendu la partie méridionale de l'Islande plus accessible au froid épouvantable que trop souvent les glaces flottantes lui apportent en s'arrêtant sur ses côtes septentrionales. Quoique les montagnes ne puissent empêcher les mouvemens généraux de l'atmosphère d'avoir lieu, elles peuvent cependant, en les arrêtant en partie, rendre certains vents plus ou moins fréquens pour une certaine étendue de terrain. On ne doute point que les Alpes ne concourent à garantir à la belle Italie son heureux climat, son printems éternel et ses doubles moissons.

Effet de l'absence des montagnes.

Les exemples des climats rendus plus froids par la position des montagnes ne manquent pas. Si la Russie centrale et méridionale sont exposées à des froids disproportionnés à leur latitude et à leur exposition, qui, en grande partie, est méridionale, c'est, entre autres causes, parce qu'elles n'ont pas au nord une chaîne de montagnes qui puisse affaiblir l'action des vents glacés qui viennent de la mer Blanche et des monts Ouraliens. La Sibérie est dans un cas différent, et encore plus défavorable : elle est inclinée au nord, par conséquent ouverte aux vents de la mer Glaciale ; en même tems, sa pente immense est, au sud, couronnée par les monts Altaï, qui empêchent les vents froids de s'en aller plus loin, et qui interceptent ceux de l'Asie méridionale.

Température des vallées.

L'abri que donnent les montagnes contre les vents, peut quelquefois devenir nuisible par excès. Ainsi, on voit la chaleur devenir insupportable dans les vallées qui concentrent et réfléchissent vivement, en été, les rayons du soleil.

Lorsque les vallées sont larges et évasées, qu'elles ont une pente assez considérable pour l'écoulement des eaux, et qu'elles donnent un accès libre aux vents du nord, la température peut y être sèche et froide, comme dans le

Champsaur décrit par Villar. Les habitans jouiront, dans ce cas, d'un bon teint et de beaucoup de santé.

Vallées malsaines. Dans les vallées basses, étroites, enfoncées, qui ne reçoivent les vents secs que très-obliquement, les eaux des torrens et des pluies s'arrêtent et deviennent marécageuses : l'air n'y circulant pas, les brouillards et l'humidité y sont perpétuels. C'est dans ces endroits qu'on trouve

Crétins, etc. les êtres faibles, mous et stupides, qu'on nomme *crétins :* devenus sourds, muets et presque aveugles, ils restent insensibles à toutes les impressions, excepté à des appétits lubriques ; si on les frappe, ils ne témoignent aucune sensation ; on en voit qui ne sont même excités par aucun besoin. Leurs bras abattus, leur bouche béante, leur cou tuméfié et pendant, leur couleur blafarde, laissent voir le dernier terme de la dégradation humaine et de la dégénérescence animale. Le froid humide qui pèse constamment sur ces contrées, et qui n'est interrompu que par les vapeurs chaudes et également relâchantes de l'été, peut être regardé comme la véritable cause du goître et du crétinisme : ces maladies ont beaucoup d'analogie, pour leur cause et leurs principaux effets, avec les bouffissures, les tumeurs articulaires, et l'espèce d'imbécillité des Scythes efféminés dont Hippocrate fait mention. *Fodéré*, qui a visité en observateur le val d'Aoste et la Maurienne, où se rencontre le plus grand nombre des crétins et des goîtreux, remarque qu'il n'en existe que dans le centre des vallées des Alpes : la même vallée n'en présente que là où elle se rétrécit ; elle cesse d'en produire en s'évasant au sommet des montagnes ; elle gagne alors un air plus vif et plus sec, où vivent des hommes parfaitement sains. On trouve de ces maladies dans le Bas-Valais, à la base des Pyrénées et des Apennins, dans quelques vallées du Dauphiné et de la Haute-Provence. Les blafards qu'on a vus dans plusieurs contrées humides de l'Amérique, les nègres blancs des montagnes d'Ethiopie et de Madagascar, les nègres pies, paraissent être des espèces de crétins dans une plus ou moins grande dégénération. Zimmer-

mann attribue aux chaleurs étouffautes qu'on ressent dans de profondes vallées de la Suisse, la cause des manies qui sont communes dans ces endroits : il rapporte que les habitans de ces gorges sont obligés d'envoyer, pendant les étés, leurs enfans sur les hautes montagnes, pour leur conserver la mémoire et la raison (1).

Effets du voisinage de la mer.

Le voisinage de la mer modère les températures excessives. Dans des climats ardens, les contrées maritimes sont moins chaudes que le milieu des plaines. Dans les latitudes élevées, les côtes et les îles sont moins froides que l'intérieur des continens. Dans les montagnes de la Norwège, on a vu une armée suédoise périr de froid ; on en trouva les cadavres encore en rangs et files ; cependant, les côtes de ce pays jouissent d'un climat très-doux ; le port de Berghen ne gèle pas aussi souvent que la Seine. Voici un exemple encore plus près de nous. Les lauriers, figniers, myrtes, grenadiers, qui ne peuvent subsister en pleine terre au centre de la France, croissent naturellement, et très-bien, à Brest (2).

Le voisinage de la mer rapproche aussi les températures des saisons. L'on voit à Plymouth que, quoique la chaleur moyenne de l'année soit, en totalité, un peu moindre que celle de Paris, les mois d'hiver sont bien moins froids que dans cette dernière ville : le thermomètre n'est jamais descendu, du tems d'Huxham, plus bas que — 10, et n'a pas été plus haut que + 21,2.

Influence de la nature du sol.

La nature intrinsèque du sol doit influer sur le climat de plusieurs manières. Tous les terrains ne s'échauffent pas avec le même degré de promptitude ; tel sol perd vite la chaleur acquise, tel autre la conserve long-tems. Les exhalaisons, qui diffèrent selon la nature du sol, s'élèvent dans l'atmosphère et s'identifient avec elle. Les terrains argileux, et ceux qui sont imprégnés de sel refroidissent l'atmosphère ; les amas de sables, lorsqu'ils sont à sec,

(1) Voyez les articles *Suisse*, *Carinthie*, etc., dans le vol. V de ce *Précis*. (2) Voyez l'article *France*, dans le vol. V de ce *Précis*.

augmentent la chaleur. On croit, par exemple, que le grand froid et l'air malsain qui règnent dans les gouvernemens d'Astracan et d'Orenbourg (1), sont en partie dus à la nature saline du sol; tandis que plusieurs provinces de la France doivent, en partie, leur température sèche et salubre à ce que leur sol est sablonneux, calcaire, et en général léger. Les terrains rocailleux et arides fournissent le moins de vapeurs. Le contraire doit se dire des terrains

Effet des marécages.

marécageux; ces terrains, et même les sables imprégnés d'humidité, diminuent la chaleur; et comme les eaux y sont, pour la plupart, stagnantes, la durée des gelées s'y prolonge, sans que pour cela elles amènent un ciel serein et exempt de brouillards insalubres. Voilà pourquoi l'hiver de la Hollande, sous 52 degrés de latitude, est souvent plus désagréable que celui des îles danoises, sous le 55e parallèle. L'effet des marécages, dans les régions chaudes, est encore plus funeste : ils y fermentent, et il s'en élève une quantité de miasmes putrides; c'est à eux que les côtes orientales de l'Afrique, et quelques parties de l'Amérique, doivent leur climat pestilentiel (2).

Divers aspects du ciel.

Il est certain que le ciel, dans chaque pays, a un aspect différent. La voûte azurée, qui, par une illusion optique, borne partout notre vue, semble plus abaissée en Angleterre qu'en France. L'Italien cherche en vain, sur les bords de la Seine, ce ciel pur, serein et immense, cette atmosphère d'un bleu clair ou d'un rouge de feu, qui a tant contribué à inspirer les Raphaël et les Corrège. Mais le ciel d'Italie même est nébuleux, en comparaison de celui qui, dans l'été, couvre les heureuses îles de l'Océan Pacifique, ces paradis de la zone torride. C'est aux différens degrés de la raréfaction de l'air, ainsi qu'à la nature des exhalaisons terrestres, qu'il faut attribuer ces différens aspects du ciel, d'où dépend en partie la beauté d'un climat.

(1) Voyez ci-après notre description de la *Russie*, vol. V de ce *Précis*; et de la *Sibérie*, vol. III. (2) Voyez ci-après notre descript. de l'*Afrique*, vol. IV.

Influence des travaux de l'homme.

L'homme influe lentement, mais puissamment, sur la température de l'air. Sans la culture il y aurait peu de climats salubres et agréables. Contemplons un pays désert : les rivières, abandonnées à leur fougue, s'engorgent et se débordent ; leurs eaux ne servent qu'à former de tristes marais ; un labyrinthe de buissons et de ronces couvre les plus fertiles coteaux ; dans les prés, le hideux champignon et la mousse inutile étouffent les herbes nutritives ; les forêts deviennent impénétrables aux rayons solaires ; aucun vent ne vient disperser les putrides exhalaisons des arbres qui ont succombé sous le poids des siècles ; le sol, privé de la bienfaisante chaleur atmosphérique, n'exhale que des poisons ; le souffle de la mort plane sur cette coutrée. Mais le courage et l'industrie viennent-ils y aborder ? les marais sont desséchés ; les rivières coulent dans leurs lits déblayés ; la hache et la flamme éclaircissent les forêts ; la terre, sillonnée par la charrue, s'ouvre aux rayons du jour, au souffle des vents ; l'air, le sol et les eaux prennent peu à peu un caractère de salubrité, et la nature vaincue cède son empire à l'homme qui s'est créé une patrie.

Inconvéniens des pays nouveaux.

Cependant la culture d'un pays nouveau est souvent accompagnée de conséquences désastreuses, qui ne doivent pas toujours être attribuées à l'imprévoyance des colons. Le sol nouveau, au premier moment où la charrue l'ouvre, et où les rayons solaires y pénètrent, doit nécessairement subir une forte évaporation ; et ses exhalaisons, qui ne sont pas toujours d'une nature innocente, à peine élevées dans l'air, s'y condensent par le froid encore très-vif, surtout pendant les nuits. De là, ces maladies épidémiques qui ravagent les colonies nouvellement fondées. La destruction des forêts, poussée trop loin, amène surtout des suites funestes. Dans les îles du cap Vert, c'est l'incendie des forêts qui a desséché les sources et l'atmosphère (1). La Perse, l'Italie, la Grèce, et bien

(1) Voyez ci-après, *Afrique*, *Iles du cap Vert*, vol. IV.

d'autres contrées, ont perdu de cette manière leur heureuse température. La coupe des forêts qui couvraient les Pyrénées a rendu l'air malsain dans la vallée d'Azun, département des Pyrénées-Orientales (1), parce que l'absence de cet obstacle permet aujourd'hui un libre passage aux vents du sud. On forme des plaintes semblables dans la Castille et dans l'Aragon.

Influence des vents régnans.

Les *vents régnans* de chaque contrée modifient différemment l'influence réunie de tous les élémens qui constituent le climat physique, et que nous venons d'examiner. Mais la nature, la direction et l'intensité des vents, dépendent de l'exposition générale et locale du voisinage des mers, de l'élévation des montagnes, et d'autres circonstances. Ainsi, les causes du climat forment entre elles un cercle dont on ne peut indiquer ni le premier chaînon ni le dernier.

On ne doit point caractériser la nature physique des vents d'une manière générale, d'après les points du compas d'où ils viennent. Hippocrate s'est servi de cette méthode, mais en se bornant à une petite partie du globe. Qu'on ne fasse point à la gloire de ce grand homme l'injure de vouloir ériger ses maximes locales en règles universelles.

Principes généraux sur la nature des vents.

Toutes les variations des vents dépendent de l'équilibre de l'atmosphère. Il s'ensuit que la chaleur d'un climat, et le froid d'un autre, ont une influence continuelle l'une sur l'autre. Les parties septentrionales d'un grand continent enverront quelquefois leur air froid vers les parties méridionales; et de même elles en recevront quelquefois des souffles échauffans. La grande mobilité de l'atmosphère ne permet pas qu'on borne ces faits à des localités; toute la masse de chaleur et de froid qui entoure le globe, est dans un flux et reflux continuel et universel. Ainsi, l'on peut poser les principes suivans. La chaleur de la zone torride et le froid polaire se balancent mutuellement, et

(1) Voyez notre description de la *France*, vol. V.

de la fluctuation de leur équilibre dépendent les variations du froid et du chaud qu'on ressent dans les zones tempérées. Tout vent, dans la zone tempérée, venant du pôle voisin, est froid ; et tout vent équatoréal est chaud, sauf les exceptions dues à des localités. Ainsi le vent du sud rafraîchit les environs du cap de Bonne-Espérance, tandis que le vent du nord a le même effet pour l'Europe. Un vent de terre, s'il vient par-dessus des plaines très-élevées et ouvertes, est presque toujours froid et sec dans les zones tempérées. Mais entre les tropiques, s'il passe par des plaines peu élevées, couvertes de sables brûlans, il doit être sec et chaud. Les vents qui prennent origine sur les montagnes ne se plient pas non plus à une règle générale ; car il y a des montagnes couvertes de glaces, d'autres où il règne une humidité singulière ; les vents y prennent donc des caractères différens. Quant aux vents de mer, ils sont, presque sans exception, humides, chargés de brouillards et de vapeurs salines ; comme l'air qu'ils amènent est presque toujours ou plus chaud ou plus froid que l'air de terre, ils occasionnent constamment cette sorte de décomposition de vapeurs atmosphériques qui nous procure de la pluie.

Il s'ensuit que tout pays de la zone tempérée qui n'est séparé de l'équateur que par une grande étendue de pays contigus, a nécessairement l'air plus habituellement chaud que tel pays qui voit entre lui et la zone torride de vastes mers. Par contre-coup, les pays des zones tempérées qui ont entre eux et le pôle voisin beaucoup de terres, et qui sont séparés de l'équateur par des mers, auront le climat habituellement plus froid que d'autres pays sous la même latitude, mais sous une autre combinaison de localités.

Conséquences de ces principes.

Si nous appliquons ces divers principes à la partie septentrionale de l'ancien continent, nous verrons que la diminution énorme de chaleur qu'on observe en s'avançant vers l'est, sous les mêmes latitudes, est due en grande partie à la forme et à la position de cette masse de terre. La partie occidentale est échauffée par le voisinage de



Diminution de la chaleur vers l'Orient.

l'Afrique, qui, semblable à une immense fournaise, distribue sa chaleur à l'Arabie, à la Turquie d'Asie, à l'Europe. Au contraire, l'Asie, dans ses extrémités de nord-est, éprouve des froids extrêmes; c'est, en partie, parce qu'elle n'a de ce côté point de terres qui s'étendent vers l'équateur. Si le Groenland, déjà sous le 60e parallèle, malgré son exposition méridionale et le voisinage des mers, a un climat plus rigoureux que la Laponie sous le 72e parallèle, dans une exposition septentrionale, quelle autre raison peut-on assigner à ce phénomène, que la séparation de la Laponie d'avec les terres arctiques au moyen d'une vaste mer, tandis que le Groenland s'étend probablement en s'élargissant vers le pôle, ou du moins vers le 82e degré de latitude? L'Amérique septentrionale a peu de terres situées dans la zone torride; elle a peu de communication avec l'Amérique méridionale; enfin, elle s'étend probablement au nord de la baie de Baffins vers le Groenland : cette partie du monde n'offre pas une si grande différence des climats d'avec l'Europe.

Côtes orientales et occidentales dans la zone torride.

Il résulte encore de nos principes une conséquence générale pour les contrées de la zone torride. Les vents alizés, en soufflant continuellement de l'est par-dessus la mer, contribuent à rendre toutes les côtes maritimes orientales plus froides que ne le sont les côtes exposées au couchant. D'un autre côté, plus un continent est large d'est à l'ouest, plus ces vents s'échauffent en passant par-dessus des terres brûlées par le soleil. Voici pourquoi les îles Antilles jouissent d'une température modérée, tandis que la Sénégambie est tourmentée par la plus terrible chaleur dont on ait d'exemple. Le Congo est plus chaud que Zanguebar. Si les montagnes du Pérou ont le climat plus froid que le Brésil, c'est que l'élévation du terrain, ou toute autre circonstance locale, peut souvent avoir assez d'influence pour anéantir l'effet d'une cause générale.

Telles sont les diverses causes qui concourent à former cette constitution générale de l'atmosphère qu'on nomme le *climat*. On doit sentir que les résultats de tant de causes

différentes ne se laissent pas facilement soumettre à une classification. Hippocrate l'a tenté par rapport à la Grèce. Il prend pour base les *expositions* et les *vents*. Mais il est aisé de prouver que ses quatre climats, très-réels dans les lieux où il les a observés, ne se retrouvent pas dans toutes les régions du globe auxquelles ses commentateurs, peu pénétrés de son esprit, veulent étendre son système. Examen des climats d'Hippocrate.

Hippocrate commence son écrit sur les airs, les eaux et les lieux, par l'exposé du but qu'il se propose. « Il est, » dit-il, essentiel pour un médecin, en entrant dans une » ville qu'il ne connaît point, d'en examiner l'exposi- » tion, les vents dominans, les saisons, la nature et » l'élévation du sol, la qualité des eaux dont les habi- » tans font usage, et le genre de vie qu'ils suivent. — » Maintenant, continue-t-il, je vais exposer comment » on doit épier et explorer (1) chacune de ces choses. » N'est-il pas clair, d'après cette phrase vaguement rendue par tous les traducteurs, que l'intention d'Hippocrate n'était point de composer un *traité* sur les climats physiques, traité dont les matériaux n'étaient pas encore rassemblés de son tems, mais qu'il voulait seulement, par l'exposé de ses observations propres et locales, indiquer à ses successeurs la route à suivre pour en faire de nouvelles? Ce but modeste de l'auteur a été méconnu, ou tout au plus faiblement indiqué. Des observations très-intéressantes, mais bornées exclusivement aux contrées qui s'étendent depuis la mer d'Azof jusqu'aux bouches du Nil, et des bords de l'Euphrate aux rives de la Sicile; ces observations locales, dis-je, ont été changées en généralités fausses et dangereuses. Donnons-en quelques exemples.

Hippocrate nous dépeint « les contrées exposées aux » seuls vents chauds du midi comme devant abonder en » eaux saumâtres et malsaines; car ces eaux sont ordinai- » rement peu profondes, échauffées en été et froides en Climat méridional.

(1) Σκοπειν και βαζανιζειν.

» hiver. » Puis il décrit les maladies qui doivent y dominer. « Les hommes y ont la tête pleine d'humidité et de » flegme ; ils sont sans force et sans vigueur (1). »

Exemples locaux de ce climat.

Ces observations se rapportent aux côtes méridionales de la Grèce et de l'Asie-Mineure, voisines de l'île natale d'Hippocrate. Selon Mariti, toute la côte méridionale de l'île de Chypre éprouve de fréquentes intempéries de l'air ; les eaux saumâtres y abondent ; c'est un pays très-malsain. Les côtes de la Caramanie ou de l'ancienne Cilicie sont dans le même cas. A Satalie, à Ayas et à Adana, le mauvais air force les habitans à se retirer pendant l'été sur les montagnes. Et pourquoi l'exposition méridionale de ces contrées est-elle si malsaine ? Strabon et Quinte-Curce nous le diront. « Parce que la Cilicie est une plaine » étroite, bordée au nord par la chaîne du mont Taurus ; » les vents du midi, réfléchis par les montagnes, y causent » des chaleurs étouffantes ; d'ailleurs, la côte offre des » marais et des étangs (2). » D'un autre côté, Cicéron nous apprend que les neiges rendaient le passage du mont Taurus difficile avant le mois de juin (3). Voilà pourquoi la température de l'air et des eaux de la Cilicie éprouvait des variations trop fortes pour ne pas être nuisibles. Sans doute on peut appliquer cette observation à d'autres contrées où le même concours de circonstances a lieu ; sans doute le vent du midi est généralement humide, chaud et malsain sur les côtes de la Méditerranée. Dans l'île de Lesbos, selon Vitruve, les vents méridionaux causent souvent des épidémies ; en Attique, ils amenèrent une fois la peste. Virgile même dénonce ces vents, « dont les » humides haleines menacent les vergers, les blés et les » troupeaux (4). » Etendons même ce caractère général aux côtes du golfe de Perse. Les vents méridionaux y amènent la saison pluvieuse et des chaleurs étouffantes.

(1) *Hippocrat.*, de Aer., aquis, locis, §§ 9-14, édit. de Coray.

(2) *Strab.*, Géog. XIV, 260. Casaub. Atreb. *Quint. Curt.*, III, c. 9-11.

(3) *Cicer.*, Epist. ad Famil. XV, 4. (4) *Virg.* Géorg., I, 443. Bucol. II, 57. *Vitruv.* I, cap. 6.

« A Susa, dit Strabon, les habitans n'osent s'exposer » aux chaleurs du milieu de la journée. » A Bassora, selon Otter, le vent du midi paralyse toutes les forces du corps humain.

Mais passons sur le rivage opposé de l'Afrique : Aristote déjà savait que les vents méridionaux y sont souvent froids et toujours secs, parce qu'ils viennent du mont Atlas (1). De même, à Paris, nous éprouvons des vents du sud chargés de la froide atmosphère des montagnes de l'Auvergne. Ces mêmes vents sont très-froids en Souabe et en Bavière, car ils arrivent par les Alpes. Partout les vents se modifient d'après la nature des lieux par lesquels ils passent. Exemples contraires.

Qu'ai-je besoin de ces exemples? Hippocrate lui-même n'ajoute-t-il pas immédiatement : « Mais, même parmi » ces villes (exposées aux vents chauds du midi), celles » qui sont bien ouvertes au soleil et aux vents doivent » éprouver dans un moindre degré ces fâcheuses alter- » natives. » En effet, Tarsus en Cilicie offrait, malgré son exposition méridionale, un climat sain et des eaux limpides (2).

Le climat septentrional d'Hippocrate n'est pas plus universel que celui que nous venons d'examiner. Les vents du nord, à Archangel et à Dantzick, apportent l'humidité et sont moins froids que les vents de sud (3). Ces variations dans la nature des vents renversent les autres conséquences. Citons un exemple pris dans la Péninsule hispanique, sous la latitude de la Grèce septentrionale. Les Asturies sont exposées au nord; le climat est froid, mais extrêmement humide; les maladies régnantes sont une espèce de lèpre, des dysenteries, des tumeurs scrofuleuses, et d'autres de la nature de celles que le père de la médecine attribue aux expositions méridionales (4). Climat septentrional.

(1) *Arist.*, Problemat. XXVI, 16-51. Comp. *Aul. Gell.* XVI, 11. *Lucan.* Pharsal. IX, 447 *sqq.* (2) *Dio Chrysostom.*, Orat. de Tarso.

(3) *Kant*, Géographie-Physique, III, part. 2, p. 110. (4) *Casali*, Annales des Voyages, t. VIII, p. 76 *sqq.* *Thierry*, Observ. médicales sur l'Espagne.

Climat oriental.

La ressemblance qu'Hippocrate établit entre le climat du midi et celui d'orient, se trouve encore fausse pour l'Europe occidentale, où les vents du midi ressemblent plus généralement à ceux d'occident par leur humidité et leur douceur, tandis qu'au contraire les vents d'est sont notoirement plus froids que les vents du nord même, attendu que ces vents nous viennent, par la Russie centrale, des monts Uraliens et des confins de la Sibérie. L'affection catarrhale qui régna en 1782, fut généralement attribuée au froid rigoureux apporté subitement par un vent d'est, à la suite d'une constitution australe et humide.

Climat occidental.

Nous ne pouvons pas non plus admettre la théorie hippocratique à l'égard des *climats occidentaux*. « Toutes les » nations, dit-il, exposées aux *vents occidentaux*, ont le » climat insalubre ; les eaux qu'elles boivent ne sont point » limpides, parce que les brouillards du matin se mêlent » avec elles avant d'être dissipés par le soleil qui les éclaire » plus tard.... En second lieu, les habitans de ces lieux » sont exposés à des changemens brusques de tempéra- » ture ; car, dans les matinées d'été, il y souffle des vents » frais, il y tombe des rosées ; dans l'après-midi, la cha- » leur les tourmente..... Ils ont le teint pâle, le corps » faible..... Respirant toujours un air épais et malsain, » leur voix devient forte et rauque..... L'occident nous » présente l'image de l'automne. Les peuples qui habitent » sous cette constitution climatologique doivent partici- » per aux maladies des peuples septentrionaux et méri- » dionaux. » Un commentateur ajoute : « ils doivent » joindre la férocité des peuples du nord à la légèreté des » peuples du midi. »

Toutes ces observations d'Hippocrate, saines et justes lorsqu'on les explique dans leur vrai sens, deviennent puériles et absurdes lorsqu'on en veut faire des règles générales.

Objections.

Quels peuples sont plus exposés à l'occident que les Portugais? Ont-ils pour cela la voix rauque? Au contraire, leur langage est infiniment plus doux que celui des Espa-

gnols. L'air qu'on respire en Portugal est-il épais et malsain? Bien loin de là, les Anglais y envoient leurs malades pour recouvrer la santé. Les Irlandais, continuellement tourmentés par les tempêtes venues de l'ouest, ont-ils le teint pâle? Au contraire, on reconnaît un Irlandais parmi vingt Anglais, à son teint vermeil.

Vents locaux.

Hippocrate a-t-il donc avancé des choses fausses? A Dieu ne plaise que je l'en accuse! Mais il a voulu parler uniquement de certaines contrées de la Grèce; expliquées dans ce sens local, ses observations sont justes et profondes. Toutes les côtes occidentales de l'Illyrie, de l'Épire et du Péloponèse, ont en effet le climat inconstant qu'Hippocrate compare à l'automne. Le zéphyr y amène souvent des pluies et des brouillards; encore de nos jours, le zéphyr impétueux et pernicieux, dont Homère parle si souvent, se fait sentir dans ces parages (1). Les Eliens, selon Strabon, Hésychius et Eustathe, étaient de tous les Grecs ceux qui avaient la prononciation la plus rude; ces peuples et leurs colonies mettaient souvent une lettre canine où les autres Grecs n'en mettaient point; ils disaient *heror* ou *her* au lieu de *héros* (2). Les Etoliens probablement parlaient plus mal encore; leur férocité d'ailleurs est connue : Polybe et Thucydide les traitent de *demi-barbares* (3). Enfin, les habitans de l'île de Zante, selon Scrofani, ont le teint pâle. Les Grecs occidentaux en général n'étaient pas aussi grands de corps que ceux de l'est et du nord. Ulysse fut nommé par les Etruriens le *Nain vagabond.*

Principes de classification des climats.

Voilà les observations d'Hippocrate justifiées; voilà, je pense, la vraie manière de lire et d'expliquer un auteur ancien, en le comparant avec d'autres écrivains ses contemporains ou ses compatriotes.

L'examen critique de quatre climats d'Hippocrate doit nous convaincre de l'impossibilité de fonder une classifica-

(1) *Homère*, Odyss. V, 295. XII, 289. XIV, 458. (2) *Strab.*, X, 308. *Hesych.*, in v. Eretria. *Eustat.*, in Iliad. II, 279. (3) *Polyb.*, XVII, p. 476, édit. Casaub. *Thucyd.* III, cap. 94.

tion des températures sur leurs *causes*, attendu que ces causes varient toutes avec les circonstances géographiques. C'est en considérant les principales combinaisons des qualités qui caractérisent les climats, qu'on peut les classer d'une manière générale. La chaleur et le froid peuvent être accompagnés d'humidité et de sécheresse ; de là il résulte quatre climats principaux.

Climat chaud et sec. Nous avons d'abord le climat *chaud et sec.* Tel est dans un degré extrême celui des déserts de Sahara et de l'Arabie ; la terre brûle, le ciel est d'airain ; les eaux saumâtres se vendent au poids de l'or ; les plantes languissent faute d'aliment ; les hommes et les animaux y sont nerveux, mais en petit nombre ; les teints olivâtres et les tempéramens bilieux dominent parmi les peuples de ces contrées ; leur caractère féroce et sanguinaire répond à celui de la nature. Climat chaud et humide. Le climat *chaud et humide* est celui du Bengale, de la Mésopotamie, des côtes de Zanguebar, de la Sénégambie, de la Guyane, de Panama ; là, brille une éternelle verdure ; là, naissent les géans du règne végétal ; mais là aussi d'énormes reptiles se traînent dans la fange des eaux croupissantes qui exhalent la peste ; l'homme robuste se propage avec rapidité, mais son caractère moral le rapproche des brutes ; la peau noire et le tempérament flegmatique appartiennent de préférence à ces régions. Climat froid et sec. Le climat *froid et sec* nourrit une végétation robuste, mais peu abondante ; les eaux y sont ordinairement pures, mais crues ; les animaux et les hommes respirant plus d'oxigène, ont de la force, de la santé ; il y a équilibre entre la partie morale et la partie physique. Ils se propagent lentement mais avec ordre ; le tempérament sanguin et la peau blanche prédominent dans ce climat, qui appartient à la plus grande partie de l'Europe et de l'Asie. Climat froid et humide. Enfin le climat *froid et humide*, dans son extrême, tel qu'on l'éprouve en Sibérie et au nord du Canada, enveloppe l'atmosphère de brouillards malsains, et réduit la végétation à de tristes broussailles, à des mousses rampantes ; les animaux s'y couvrent d'une épaisse fourrure, sous laquelle

ils restent engourdis une moitié de l'année ; l'homme grand, mais faible et lourd, ne pense qu'à défendre contre la nature marâtre son existence physique ; la peau rouge-cuivrée et le tempérament mélancolique semblent nés de cette constitution du climat.

En développant de cette manière une idée du célèbre philosophe *Kant* (1), nous ne voulons qu'indiquer à la pensée les combinaisons des températures extrêmes et leurs effets les plus probables. Nous convenons que les quatre climats principaux n'existent peut-être nulle part sans quelques *modifications* qui en altèrent la nature. Ces modifications sont de deux genres : les unes résultent d'une succession de deux climats différens dans la même région ; les autres sont dues au degré plus ou moins élevé de chacune des quatre qualités constitutives du climat. Ce sont ces modifications qui, malgré le système hippocratien, peuvent mériter, à un climat quelconque, la qualification de *tempéré*, attendu que le vrai sens de ce terme dénote une constitution atmosphérique dans laquelle le chaud, le sec et l'humide sont également modérés l'un par l'autre. Ainsi, en Égypte, la succession de la chaleur humide pendant l'inondation, et de la chaleur sèche pendant le reste de l'année, tempère un climat qui, sans l'une ou l'autre alternative, serait insupportable. De même, la Hollande voit avec plaisir le froid succéder au froid humide, qui à lui seul rendrait ce pays extrêmement malsain. D'autres fois, cette succession se faisant trop rapidement, ou les deux températures étant trop différentes l'une de l'autre, le climat devient plus désagréable que s'il n'y régnait qu'une seule température. C'est ainsi que les habitans d'Astrakan et de quelques autres villes éprouvent en été les chaleurs de l'Afrique, et en hiver les froids de la Sibérie. Les mêmes constitutions atmosphériques se trouvent encore modifiées par le climat solaire ; ainsi, la chaleur sèche qui

Modifications des climats.

(1) Mémoire sur les quatre principales Constitutions de l'espèce humaine, dans le recueil intitulé le *Philosophe mondain*, par *Engel* (en allem.).

rend le Sahara presque inaccessible, devient, à Madrid ou à Marseille, une température très-convenable à l'homme. Les funestes effets de la chaleur humide s'affaiblissent de même en s'éloignant de l'équateur. D'un autre côté, on trouve le froid, sec ou humide, de plus en plus supportable à mesure qu'on descend du pôle vers les tropiques. Par exemple, à Berghen en Norwège, et à Brest en France, c'est toujours la même constitution de l'hiver rendu variable et humide par le voisinage d'un océan qui ne gèle jamais : mais quelle différence dans l'intensité du froid !

Ces observations sur la véritable acception du mot *climat*, nous conduisent naturellement à jeter un coup d'œil sur les diverses températures des cinq zones dans lesquelles on a l'habitude de diviser le globe.

Température de la zone torride

La *zone torride* n'éprouve que deux saisons, l'une *sèche* et l'autre *pluvieuse* (1). La première est regardée comme l'été, et l'autre comme l'hiver de ces climats; mais ils sont en opposition directe avec l'été et l'hiver célestes ; car la pluie accompagne toujours le soleil; de sorte que, lorsque cet astre se trouve dans les signes septentrionaux, les contrées au nord de la ligne ont leur saison pluvieuse. Il paraît que la présence du soleil au zénith d'une contrée, y échauffe et raréfie continuellement l'atmosphère ; l'équilibre est rompu à chaque moment; l'air froid des contrées plus voisines des pôles y est à chaque instant attiré ; il y condense les vapeurs suspendues dans l'atmosphère; donc il y existe des pluies presque continuelles. Les contrées de la zone torride où il ne s'élève point de vapeurs, ne connaissent point de saison pluvieuse.

Les localités, surtout les hautes chaînes de montagnes qui arrêtent ou détournent les moussons et les vents, influent tellement sur les saisons physiques de la zone torride, que souvent l'intervalle de quelques lieues sépare l'été de l'hiver. En d'autres endroits, il y a deux saisons

(1) *Varen.* Géog. générale, ch. XXVI, propos. 10 *sqq.* *Bergmann*, Géographie-Physique, § 143.

pluvieuses et deux saisons sèches, qu'on distingue par les dénominations de *grande* et *petite*.

La chaleur est presque toujours la même à 10 ou à 15 degrés de la ligne équinoxiale. Mais, vers les tropiques, on ressent déjà une différence entre la température qui règne au moment où le soleil est au zénith, et celle qui a lieu lorsque, dans le solstice opposé, les rayons de l'astre du jour tombent sous un angle qui est plus obtus de 47 degrés. Aussi on pourrait, avec Polybe, diviser la zone torride en trois autres; la *zone équatoréale*, proprement dite, est tempérée, si on la compare à la *zone du tropique du Cancer*, composée des contrées les plus chaudes et les moins habitables de la terre. La plus grande chaleur observée, qui est de 35 degrés de Réaumur, l'a été à Bagdad à 33 degrés de latitude. La *zone du tropique du Capricorne* contient peu de terres; mais il paraît qu'elle éprouve des chaleurs momentanées extrêmes.

Différence des régions équatoréales et tropiques.

La plupart des anciens, méconnaissant l'observation de Polybe, crurent que la chaleur allait en augmentant du tropique vers l'équateur. Ils en conclurent que le milieu de la zone torride était inhabitable. On sait aujourd'hui que plusieurs circonstances concourent à y établir une température supportable. Les nuages, les grandes pluies, les nuits naturellement très-fraîches, leur durée étant égale à celle des jours; une forte évaporation, la vaste étendue des mers, la proximité de montagnes très-hautes et couvertes de neiges éternelles, les vents alizés et les inondations périodiques, contribuent également à diminuer la chaleur. Voilà pourquoi, dans la zone torride, on rencontre toutes sortes de climats. Les plaines sont brûlées des feux du soleil. Toutes les côtes orientales des grands continens, battues par les vents alizés, jouissent d'une température douce; les contrées élevées sont même froides; un éternel printems règne dans la vallée de Quito; et peut-être que l'intérieur de l'Afrique renferme plus d'une contrée douée du même avantage.

Rien n'égale la beauté majestueuse de l'été dans la zone

Été de la zone torride.

torride. Le soleil s'élève horizontalement ; il traverse, en un instant, les nuages brûlans de l'orient, et remplit la voûte des cieux d'une lumière éblouissante, dont aucune trace d'ombre n'interrompt la splendeur. La lune brille ici d'un éclat moins pâle ; les rayons de Vénus sont plus vifs et plus purs, la voie lactée répand une clarté plus scintillante. A cette pompe des cieux il faut ajouter la sérénité de l'air, le calme des flots, le luxe de la végétation, les formes gigantesques des plantes et des animaux, toute la nature plus grande, plus animée, et cependant moins inconstante et moins mobile.

Saisons de la zone tempérée.

Les zones tempérées (1) sont dédommagées par les charmes doux et variés du printems et de l'automne, par les chaleurs modérées de l'été et les rigueurs salutaires de l'hiver ; cette succession de quatre saisons n'est point connue au-delà du tropique, ni vers les pôles. Même la partie de la zone tempérée boréale qui s'étend entre le tropique et le 35e degré de latitude, ressemble, en beaucoup d'endroits, à la zone torride. Jusque vers le 40e degré, la gelée, dans les plaines, n'est ni forte, ni de longue durée ; il est également rare d'y voir tomber la neige, quoique, sans doute, il ne soit pas vrai que lors d'une chute de neige, les dames de Rome ou de Naples sortent de la comédie pour jouir d'un spectacle si extraordinaire, ni que les académiciens courent, la lorgnette à la main, examiner cet étonnant phénomène. Les contrées élevées ressentent toute la rigueur de l'hiver ; et les arbres, même dans la plaine, perdent leur feuillage, et restent dépouillés de verdure dans les mois de novembre et décembre.

Climats les plus tempérés.

C'est depuis le 40e jusqu'au 60e degré, que la succession des quatre saisons se montre la plus régulière et la plus sensible, sans cependant exposer la santé de l'homme. C'est aussi entre ces latitudes qu'habitent aujourd'hui les peuples les plus instruits, les plus civilisés, et ceux qui mon-

(1) *Bergmann*, Géographie-Physique, § 144.

trent le plus de courage sur mer et sur terre. Il semble que dans les pays où l'on n'a point d'été, les habitans manquent de génie, ou du moins d'esprit et de goût; tandis que là où il n'y a point d'hiver, on ne connaît guère la vraie bravoure, la constance, la loyauté, et les autres vertus civiles et militaires. Mais rappelons-nous que c'est l'homme lui-même qui a créé en grande partie ces climats salubres; la France, l'Allemagne et l'Angleterre, ressemblaient, il n'y a que vingt siècles, au Canada et à la Tartarie chinoise, contrées situées, aussi-bien que notre Europe, à une distance moyenne entre l'équateur et le pôle.

Saisons de la zone glaciale.

Au-delà du 60e degré, et jusqu'au 78e (qui paraît être le terme des terrains habitables dans l'hémisphère boréal), on ne connaît, en général, que deux saisons: on éprouve un long et rigoureux hiver, auquel succèdent brusquement quelquefois des chaleurs insupportables. L'action des rayons solaires, faible en raison de l'obliquité de leur direction, s'accumule pendant les jours extrêmement longs, et produit des effets auxquels on ne s'attendrait que dans la zone torride. Il y a eu des exemples que les forêts se sont embrasées, et que le goudron s'est fondu sur les flancs des vaisseaux. Dans l'hiver, au contraire, on voit les eaux-de-vie se congeler dans des chambres chauffées, et une croûte de glace couvrir jusqu'aux draps de lits. On a trouvé la terre gelée à 100 pieds de profondeur (1). Le mercure, figé dans le thermomètre, laisse le degré de froid indéterminé. Je parle ici des extrêmes, et de la zone en général. Les expositions méridionales, ou le voisinage de la grande mer, adoucissent le climat jusqu'à un degré qui paraîtra incroyable aux esprits prévenus. Berghen, en Norwège, et toute la côte de ce pays, entre 60 et 62 degrés de latitude, a l'hiver très-pluvieux, mais rarement de la neige ou des gelées; cette saison est moins rigoureuse, et on y use moins de combustible qu'à *Cracovie*, à *Prague*, à *Vienne en Autriche*, sous 50 à 48 degrés de latitude.

(1) *Gmelin*, Voyage en Sibérie.

La zone froide jouit d'un calme atmosphérique qui est inconnu dans la région tempérée ; point d'orage, point de grêle, rarement une tempête ; l'éclat des aurores boréales, réfléchi par la neige, dissipe les ténèbres de la nuit polaire ; les jours, de plusieurs mois, quoique d'une magnificence monotone, accélèrent d'une manière étonnante le jeu de la végétation ; en trois fois vingt-quatre heures la neige est fondue et les fleurs s'épanouissent.

Sur le plus grand froid de l'atmosphère australe.

Cette succession des zones physiques n'est point égale pour les deux hémisphères. En parlant des glaces de mer, nous avons observé que dans les mers arctiques on n'en aperçoit guère de grosses masses flottantes avant le 70e degré, ni de champs fixes, que vers les 75 à 80 degrés de latitude ; tandis que dans les mers antarctiques on rencontre l'un et l'autre à 50 et 60 degrés de latitude australe. Dans la Terre de Feu, dans celle de Sandwich, et dans plusieurs autres îles situées vers les 54e et 59e degrés de latitude australe, les montagnes, même dans l'été austral, restent couvertes de neiges jusqu'aux bords de la mer (1).

Cette diminution de chaleur paraît cesser tout à coup entre le 30e et le 40e degrés de latitude ; car de l'intérieur de la Nouvelle-Hollande, il sort des vents enflammés, tandis que les montagnes de la terre de Diémen restent couvertes de neiges éternelles (2) ; aussi l'on éprouve dans ces parages les passages les plus subits d'une chaleur étouffante à un froid très-sensible (3).

Diverses opinions.

Les astronomes (4) semblent attribuer ce contraste uniquement au séjour plus court que fait le soleil dans les signes méridionaux, c'est-à-dire, à la plus grande rapidité du mouvement de la terre, lorsqu'elle est dans son périhélie. Le soleil est 7 jours et 18 heures moins dans les

---

(1) *Forster, Cook, Dalrymple*, etc.

(2) *Péron*, Voyage aux Terres Australes, II (inédit).

(3) *Labillardière*, Voyage à la recherche de La Pérouse, II, 27.

(4) *Mairan*, Mém. de l'Académie, 1765, p. 174. *Æpinus*, Cogitat. de Distribut. calor. per tellurem.

signes méridionaux. Mais la différence produite par cette cause ne serait que de $\frac{1}{23}$, et la différence réellement existante est à peu près de $\frac{1}{7}$. La théorie du calorique rayonnant a fourni une autre explication : on a cherché à démontrer que, dans un tems donné, l'hémisphère austral perd une plus grande quantité de sa chaleur propre constante, que n'en perd l'hémisphère boréal (1). Mais cette cause ne devrait pas tout à coup cesser d'agir vers le 40e degré. Il faut donc chercher sur la terre même la raison du phénomène qui nous occupe.

Causes de ce phénomène.

La vaste étendue des mers antarctiques, l'absence totale d'une grande terre, et la forme des continens, qui se terminent vers le sud en pointes de peu de largeur, ouvrent un champ libre aux courans maritimes polaires, et leur permettent de pousser de tous côtés les glaces du pôle du sud vers la zone tempérée australe. Là, elles s'entassent et s'arrêtent en partie, en s'accrochant l'une à l'autre : en partie elles sont empêchées d'aller plus loin par la force déjà très-sensible du mouvement général de l'Océan vers l'ouest ; enfin elles se fondent en partie par l'action de la chaleur solaire, qui doit être déjà considérable à 50 degrés, quoiqu'elle ne fasse que peu d'effet sur le thermomètre, parce que les glaces fondantes l'absorbent aussitôt qu'elle se répand dans l'air.

Comme il n'y a point de *terme fixe* où le mouvement des eaux polaires vers l'équateur s'arrête et se change en mouvement général vers l'ouest (2), ce changement étant soumis à l'influence de plusieurs causes locales et temporaires, il n'y aura pas non plus de limite constante pour les glaces australes. Aussi, tantôt les navigateurs en ont rencontré des îles fixes vers le 50e degré ; tantôt ils ont poussé 10 degrés plus loin, vers le pôle du sud, sans en rencontrer seulement des morceaux flottans. Ces variations de latitude, sous le même méridien, semblent confirmer notre explication ; on ne pourrait pas même en

(1) *Prevost*, sur le calorique rayonnant, p. 328 *sqq.*

(2) Voyez ci-dessus, liv. XXXVI, p. 345-347 *sqq.*

assigner aucune autre cause suffisante, que l'action des courans polaires.

Ces glaces mobiles, poussées de tous côtés vers le tropique du Capricorne, ne s'arrêtent que lorsqu'elles rencontrent les courans qui portent à l'ouest, et qui, en les entraînant, leur impriment un mouvement combiné; mouvement qui, constamment modifié par le courant équatoréal, leur fait décrire une spirale jusqu'à ce qu'elles se fondent. Elles peuvent donc entrer inopinément dans une zone d'ailleurs tempérée, où leur présence cause et ces transitions subites du chaud au froid, et ces immenses brouillards dont parlent les navigateurs.

Quantité des glaces polaires australes.

En admettant notre explication, on n'aurait pas besoin de supposer *la quantité* de glaces australes aussi énorme qu'elle le serait dans toute autre hypothèse. Car, selon nous, ces glaces, qui se montrent vers les 50e et 60e degrés de latitude, ne marqueraient pas la circonscription d'une calotte sphérique de glaces fixées autour du pôle, mais elles formeraient seulement une enceinte variable, derrière laquelle il pourrait se trouver de vastes étendues de mers qui, de tems en tems, ne renfermeraient aucunes glaces.

Si la température générale du globe change.

La théorie des climats physiques présente encore une dernière question : admettons-nous un changement soit réel, soit seulement possible, dans la direction de l'axe terrestre? cette question intéresse non-seulement les géographes, mais tous les peuples de la terre. Sans l'obliquité de l'écliptique, sans cet angle d'inclinaison qui existe entre le plan de rotation et le plan de l'orbite, il n'y aurait ni inégalité entre les jours d'hiver et d'été, ni changement de saisons, en tant que celles-ci dépendent des causes célestes. L'équateur serait encore plus constamment échauffé qu'il ne l'est; mais des deux côtés on verrait la chaleur diminuer dans une progression très-rapide; chaque climat aurait sa température invariable, et ce serait pour chacun celle de son printems et de son automne actuels, mais très-vraisemblablement un peu plus froide. La terre ne serait donc

guère habitable au-delà du 45ᵉ ou 50ᵉ degré. Voilà ce printems éternel que les poëtes voudraient nous faire regretter. Beaucoup de philosophes et d'astronomes ont cru que l'écliptique et l'équateur tendaient réellement à coïncider ensemble. Les anciens astronomes ont trouvé l'obliquité de l'écliptique de 24 degrés. Eratosthènes, 250 ans avant Jésus-Christ, la trouva de 23 degr. 50 minutes; Albatégnius, en 880, de 23 degr. 35 minutes 40 secondes; Tycho-Brahé, en 1587, de 23 degrés 31 minutes 30 secondes : elle oscille aujourd'hui autour de 23 degrés 23 minutes. Sa diminution séculaire semble avoir été jusqu'ici de 57 secondes. Mais *Euler* et *Laplace* ont prouvé, par des calculs subtils et profonds, que cette diminution provient de l'attraction mutuelle de toutes les planètes dont les orbites, diversement inclinées, cherchent constamment à se confondre dans un même plan; d'où il ne résulte que des inégalités temporaires contenues entre des limites fixes. Le soleil contribue surtout à ramener constamment toutes ces variations au point d'où elles étaient parties. Sans la force attractive du soleil, les planètes, surtout Jupiter et Venus, seraient à même de changer l'obliquité de l'écliptique de 10 à 12 degrés. Mais le puissant monarque du système planétaire réprime ces efforts, et empêche que l'obliquité puisse jamais varier de plus de 2 à 3 degrés. En général, tout le système du monde semble aujourd'hui osciller autour d'un état moyen, d'où il ne s'éloigne que très-insensiblement de côté et d'autre. Les combats violens des grandes forces de la nature ont cessé; nous vivons à une époque de calme physique, mais nous voyons autour de nous les traces des révolutions antérieures. Elles vont devenir l'objet de nos méditations.

Equilibre stable du système planétaire.

LIVRE QUARANTIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Des Révolutions arrivées à la surface du Globe.

Vues générales.

Nous avons décrit l'état physique actuel du globe terrestre ; à chaque pas que nous avons fait dans cette carrière, nous avons pu nous convaincre que l'ordre de choses qui subsiste aujourd'hui a dû être précédé par plusieurs ordres différens. L'existence du monde matériel n'est qu'une série de métamorphoses ; comme l'onde se mêle à l'onde, les élémens, agités d'un mouvement continuel, se confondent, se remplacent, se combinent sous mille formes renaissantes. Dans ce flux et reflux de l'être et du néant, nous flottons comme la feuille légère qu'une seule et même vague apporte, soulève, entraîne et engloutit. Comment donc espérerions-nous d'embrasser par la pensée l'immense chaîne des révolutions que notre globe a pu subir? Nous marchons sur des débris ; mais savons-nous de combien de mondes antérieurs ? Les siècles ont entassé ruines sur ruines ; à chaque pas nous foulons des monumens où la main de la nature grava l'histoire du globe ; mais leurs inscriptions sont conçues dans un langage hiéroglyphique, dont la clef peut-être ne sera jamais trouvée.

Deux classes de révolutions terrestres.

Les faibles clartés que le raisonnement ou l'expérience ont fournies se rapportent à deux classes de changemens qui se sont opérés sur le globe. Les uns se renouvellent sous nos yeux, ou du moins ont eu pour témoins des hommes qui nous en ont transmis la mémoire. D'autres révolutions ne nous sont connues que par des effets qui nous étonnent, par des traces qu'on doit suivre en silence, bien résolu de s'arrêter où elles cessent de nous guider. Il importe de séparer, par une ligne sévère,

cette classe des *faits supposés* de celle des *faits prouvés*. Mais déjà dans l'antiquité l'enthousiasme a singulièrement embrouillé cette question; les inventeurs de systèmes géologiques ont cité comme des faits historiques des événemens qui n'ont aucune garantie contemporaine et solide; les vagues descriptions des poëtes, et même les traditions populaires, ont été recueillies et répétées sans aucune espèce de critique; Aristote se plaignait en Grèce de cet abus : plus tard, Pline l'introduisit à Rome. Quant aux modernes, qui ont entrepris d'écrire l'histoire des changemens arrivés à la surface du globe, ils ont mieux aimé étaler une érudition facile, en compilant de nouveau ce que les anciens avaient compilé avant eux, que de faire usage de cet art difficile par lequel on distingue les faits précis et prouvés, des traditions incertaines, vagues et inutiles pour la science. C'est un travail au-dessus de nos forces, que de rétablir sur ce point la vérité historique dans toute sa pureté; mais au moins nous tâcherons de ne pas répéter toutes les fables dont les géologues ont orné les premiers siècles de l'histoire du globe.

Confusion des faits supposés et des faits prouvés.

Les changemens dont on peut prouver la réalité portent des caractères très-différens. Les uns ont été opérés avec la plus inconcevable rapidité; dans la progression imperceptible des autres, on s'aperçoit que la puissance du tems est infinie.

De toutes les forces connues, il n'y en a aucune qui n'ait contribué, pour si peu que ce soit, à changer la surface du globe; le feu joue le rôle le plus bruyant; mais l'eau semble avoir eu une sphère d'activité encore plus grande. L'air cache derrière son apparence de faiblesse une très-grande force destructive et recomposante. La terre elle-même, en obéissant aux lois de l'équilibre, a concouru à modeler sa surface. Enfin, les travaux de l'homme, quoiqu'en dernier rang, figurent dans quelques coins de ce vaste tableau.

Causes qui changent la surface de la terre.

Nous allons parcourir rapidement les fastes du globe.

L'atmosphère produit des météores dont les effets, lents, mais continuels, doivent, en s'accumulant de siècle en siècle, former une somme immense. Les vents, qui déracinent des forêts entières, ont posé de loin les fondemens des houillères. Les pluies, en ruisselant des flancs de la montagne, en dégarnissent et en hérissent une partie, tandis qu'elles en arrondissent et en élèvent d'autres. La grêle, la neige, se rassemblent en vastes glaciers, d'où sortent les fleuves impétueux qui excavent la vallée. *Ramond* a vu que les sommets des Pyrénées étaient partout sillonnés par la foudre.

Décomposition par l'air et les météores.

Mais l'air, à lui seul, a une force dissolvante très-considérable. Il décompose à la longue toutes les substances connues. La roche la plus solide se fend et se divise en pierres; les pierres se brisent, se délayent, et forment du gravier, du sable, que les vents et les eaux courantes entraînent loin du sol qui les vit naître. La chaleur et l'humidité, en se succédant, accélèrent cette dégradation lente qui se continue sous nos yeux.

L'air dissémine la poussière fructifiante des plantes, transporte des nuages entiers de sable et de cendre volcanique, tient en dissolution beaucoup de parties aquatiques, salines et terreuses. Il contribue donc incontestablement à changer la surface de la terre.

Extension des sables mouvans.

Cette action de l'air devient surtout sensible dans l'extension continuelle des *sables mouvans*. On en a vu de grands effets près Saint-Pol-de-Léon en Bretagne, où un village entier a été enterré sous les sables, de manière qu'on n'en voit plus que le clocher (1). L'Angleterre, le Jutland et la Scanie ont éprouvé et éprouvent encore des inondations semblables. Au Groenland, la fameuse chaîne de collines de pure glace, nommée l'*Isblink*, est située entre deux caps formés de sables mouvans que les vents portent quelquefois sur des vaisseaux éloignés

(1) Mémoires de l'académie des sciences de Paris, 1722.

de plus de 12 lieues (1). Ainsi les phénomènes des déserts africains se retrouvent près du pôle. Nous avons vu dans le Jutland des endroits où le sable, étant d'une extrême finesse, présente comme une masse fluide dans laquelle on peut se noyer. On conçoit que le vent peut entraîner cette poudre à des distances considérables, et créer de cette manière de nouveaux déserts de sable.

Les travaux de l'homme, en pavant des rues, en bâtissant des maisons, en portant de l'engrais sur les champs, en élevant des digues le long des fleuves, tendent insensiblement, mais puissamment, à exhausser le terrain. On s'en aperçoit surtout dans les villes, auprès des anciens édifices. Pour entrer au Panthéon de Rome, il fallut autrefois monter huit degrés; aujourd'hui il faut en descendre autant. Il n'est pas à présumer que l'édifice se soit enfoncé, car il a conservé le même niveau depuis deux siècles (2). Travaux de l'homme.

Les plantes aquatiques changent souvent un marais en une prairie humide. Ce sont d'abord les *hippuris*, les *utricularia*, les *equisetum* et divers joncs qui forment avec leurs racines entrelacées un tissu flottant sur l'eau boueuse; ensuite le *sphagnum palustre* se répand sur toute la surface, aspire l'eau comme une éponge, et crée un lit aux bruyères et aux lichens qui tous les ans exhaussent le terrain par leurs dépôts. D'autres fois, une baie tranquille se peuple des *nymphea*, des *arundo phragmites* et d'autres plantes qui retiennent les parties terreuses rejetées par les eaux du dehors. Dès que ce limon a pris un peu de solidité, on y voit germer des saules, des osiers et d'autres arbres appartenant aux espèces qui aiment le sol aquatique (3). Changemens dus aux végétaux.

La végétation contribue encore de diverses manières à changer l'aspect de la terre. Regardons cette plante si mince, cette mousse qui s'élève le long des murs d'un

(1) *Crantz*, Relation du Groenland. *Egede*, etc., etc.
(2) *Bergmann*, Géographie-Physique, § 148, II, 170.
(3) *Misson*, Voyage d'Italie, II, 195.

palais désert : en se décomposant et en renaissant, elle aura, dans quelques siècles d'ici, couvert et enterré ces masses orgueilleuses que le luxe éleva pour loger la suprême puissance. Les cadavres des plus vils animaux s'entassent où brillaient les trônes des monarques. Les broussailles couvrent le temple de Jupiter Olympien, et les tours de Babylone sont cachées sous l'herbe.

Éboulemens et renversemens de montagnes.

Les *éboulemens* et *renversemens* de montagnes ont souvent des causes étrangères aux explosions volcaniques et aux tremblemens de terre. Tantôt ce sont les eaux d'un fleuve rapide, d'un lac agité, ou même d'un courant souterrain, qui rongent, creusent, minent sourdement une masse de rochers ou de terrains solides. Des couches de sable, de gravier, d'argile, de craie, qui servaient de support, sont ou dissoutes ou entraînées; un vide existe, la masse supérieure s'y enfonce par son propre poids. D'autres fois des eaux souterraines pénètrent sous un terrain nouveau, sous une couche végétale; elles supportent d'abord cette croûte, puis la détachent, la déchirent, et enfin l'entraînent par lambeaux ou l'engloutissent toute entière.

Tantôt c'est une fissure quelconque, au moyen de laquelle une partie d'une montagne se détache de sa masse principale, et, privée par-là de son point d'appui naturel, est obligée d'en chercher un autre en se renversant ou bien en glissant. Ces sortes de fissures proviennent, dans les roches argileuses, d'un simple dessèchement, accompagné de la retraite de certaines particules; dans les roches calcaires, une espèce de fermentation pourrait bien y contribuer; dans les roches granitiques, enfin, elles sont dues, ce nous semble, à la décomposition de certains feuillets d'une cristallisation moins forte, attaqués par l'oxigène de l'atmosphère. Le granite de Finlande, nommé *rapahiwi*, se décompose lorsqu'il y domine une espèce de mica ferrugineux, sulfuro-ferrugineux (1). Bergmann a

(1) *Gadd*, Dissert. sur le granite, cité par *Bergmann*, Géog.-Phys., § 151.

souvent vu le pétrosilex se couvrir d'une croûte peu cohérente, laquelle, enlevée par les eaux, mettait à nu des liserets de quartz et des grenats ferrugineux. Ainsi, les montagnes peuvent se détruire même par l'influence de cette humidité insensible, qui est inhérente à toutes les substances terrestres.

Sans doute ces deux genres d'éboulemens ont dû contribuer à la formation de la surface actuelle du globe. Partout nous n'apercevons que débris et ruines ; ces bancs de roches courbés, renversés, brisés ; ces lacs profondément creusés ; ces cavernes qui descendent vers l'abîme ; ces pics qui cherchent les cieux ; ces immenses escarpemens autour de toutes les mers du globe ; ces Alpes qui se penchent au-dessus de l'Italie ; ces Andes qui plongent dans l'Océan leurs flancs gigantesques ; ces forêts, ces races de quadrupèdes, ces animaux aquatiques ensevelis pêle-mêle : tout indique à notre pensée effrayée et attristée, que de vastes affaissemens ont contribué à donner au globe son aspect actuel. Affaissement général du globe.

M. Deluc a très-heureusement rattaché à cette vérité physique la tradition consacrée d'un déluge universel. Selon lui, cette catastrophe, qu'on a voulu représenter comme impossible et absurde, peut se concevoir physiquement par la seule supposition d'un affaissement général de la terre habitée ; alors les eaux de la mer, au lieu de s'élever, comme on se le figure ordinairement, n'ont eu besoin que de suivre les lois de la pesanteur pour recouvrir le monde *anté-diluvien* et pour laisser à sec nos continens actuels.

Mais nous ne voulons parler ici que des faits dont l'histoire a conservé les détails.

Les éboulemens qui proviennent d'une excavation faite par des eaux arrivent tous les ans dans les pays montagneux, le long des rivières. C'est ainsi que le Rhône a formé la voûte sous laquelle il semble se perdre ; c'est ainsi que l'Adige, en 1767, engloutit la ville de Neumark et autres. Dans la Norwège méridionale, le rapide Glom- Éboulemens par excavation.

men descend du sommet des monts Dofrines vers la mer du Nord, et forme, un peu au-dessus de son embouchure, la belle cascade de Sarpen. Le remous des eaux de la cascade avait creusé sous le rivage une mare souterraine à 100 toises de profondeur. Le 5 février 1702, le château de Borge, avec toutes ses dépendances, s'enfonça dans ce trou, et y disparut totalement, de sorte qu'on ne vit à sa place qu'un lac de 800 pieds de long sur 300 à 400 de large (1). Le désastre de la ville de Pleurs, dans le pays de Chiavenna, provint d'une cause semblable. Des ruisseaux et des sources sans nombre creusaient les fragiles bases du mont Conto; le 25 août 1618, les quartiers de rocher dont cette montagne était composée se détachèrent l'un de l'autre, et roulèrent sur la ville, qu'ils ensevelirent, ainsi que le bourg de Schilano; il y périt 2430 individus : un lac couvrit la place où s'élevaient 200 maisons élégantes; tout l'or que le commerce y avait amassé pendant un siècle fut, en un clin d'œil, rendu au sein maternel de la terre (2).

Les plaines éprouvent d'autres sortes d'éboulemens. Les terrains tourbeux, suspendus sur l'eau, s'affaissent sous le poids des forêts, des maisons et des habitans. L'Irlande voit tous les ans le nombre de ses lacs s'accroître par l'enfoncement des tourbières. C'est à ces enfoncemens que les *forêts souterraines*, du moins en partie, doivent leur origine. Il y en a, comme sur les côtes de Lincoln (3), qui sont formées conjointement par l'affaissement des côtes marécageuses et par d'anciennes invasions de la mer. D'autres, comme celle qui a été découverte près de Morlaix (4), paraissent avoir été enterrées par des révolutions antérieures à l'état actuel du globe. Mais pour la plupart, elles se rencontrent dans des tourbières; ainsi, dans l'île de Man, il se trouve au milieu d'un marais, à 20 pieds de profondeur, des sapins encore sur leurs racines. A Hatfieldchace, on voit des arbres qui ont à côté d'eux leurs

Origine des forêts souterraines.

(1) *Pontoppidan*, Hist. nat. de la Norwége, I, ch. 3, § 14.

(2) *Camerari*, Dissertat. VI. (3) *Corréa de Serra*, dans les *Annales des Voyages*, I, 169 *sqq.* (4) *Fruglaye*, n° 179 du *Journal des Mines*.

noix et leurs glands. La Hollande, la Suisse, la France, offrent d'autres faits semblables; mais c'est la Suède qui nous fournit l'exemple le plus curieux : près d'Asarp, en Westrogothie, il y a deux tourbières composées d'un limon épais et d'une tourbe légère; on y voit une grande quantité de troncs et de racines qu'on enlève tous les ans pour s'en servir en guise de combustible; l'année suivante, on en trouve encore la même quantité; ce qui provient, sans doute, d'un immense amas d'arbres ensevelis dans cette tourbière, et que le dégel annuel soulève (1).

Lacs formés par écroulemens.

Dans la Marche électorale de Brandebourg, il y a le lac d'Arendt, formé par deux écroulemens : l'un arrivé, à ce qu'on croit, en 815; l'autre, en 1685. Combien de lacs ainsi formés en Prusse et en Pologne! Combien d'autres événemens de cette nature dont la mémoire s'est perdue, ou que la tradition a défigurés! Strabon nous apprend qu'à l'entour du lac Copaïs, en Béotie, les écroulemens étaient très-fréquens, et changeaient souvent le cours de la rivière de Cephissus, qui, à la fin, s'écoulait par des canaux souterrains construits de main d'homme. Comme aujourd'hui ces canaux ne sont plus entretenus, et que le lac Copaïs est changé en un marais, on se demande que deviennent les eaux du Cephissus? Il ne paraît que trop probable qu'elles ont creusé un réservoir souterrain, un lac invisible, mais qui peut-être un jour engloutira la Béotie, et renouvellera ainsi le *déluge d'Ogygès*.

Nous avons parlé des lacs souterrains, et entre autres de celui de l'*Ost-Frise*, qui était à découvert dans le XII[e] siècle; peu à peu il s'est formé à sa surface une croûte de matières tourbeuses et limoneuses, qui, à leur tour, se sont recouvertes de terres végétales. Aujourd'hui, cette croûte est assez forte pour qu'on passe en voiture dessus, et pour qu'on y laboure, sème et moissonne. Cependant les habitans y font des trous de deux à quatre pieds de profondeur pour trouver l'eau qui leur sert à rouir leur lin. Il existe

(1) *Bergmann*, Géographie-Physique, II, 244. *Rothof*, Mém. de l'Acad. des Sciences de Stockholm, 1767.

probablement un lac souterrain près Narbonne, dans le territoire de Livière. On y voit cinq gouffres, nommés les *Œliols*, d'une profondeur extraordinaire, et remplis de poissons : la terre qui les environne tremble sous les pas des paysans hardis que la pêche y attire.

Terrains suspendus sur des lacs.

On conçoit facilement les désastres qui de tems en tems manifestent l'existence de ces lacs souterrains dans des endroits où personne ne les soupçonnait. En 1792, on vit un lac se former dans la ville de Lons-le-Saulnier; plusieurs maisons y disparurent, ainsi qu'une portion de la grande route de Lyon à Strasbourg (1). On pense que c'était un ancien étang d'eau salée, où il s'était d'abord formé une pellicule, puis une croûte légère de végétaux, et enfin un terrain solide en apparence; mais une grande sécheresse ayant fait baisser les eaux souterraines, cette croûte manqua de support et dut s'enfoncer. Le mont Jura présente de nombreux vestiges d'enfoncemens semblables. Les Pyrénées, autre chaîne calcaire, en offrent également. Buffon rapporte qu'une montagne, en 1678, s'étant écroulée dans des cavités souterraines remplies d'eau, causa une forte inondation dans une partie de la Gascogne. Les Alpes Juliennes, où est le fameux lac de Cirknitz, renferment dans leurs nombreuses cavernes beaucoup de réservoirs semblables.

Sénèque avait donc raison de dire : « Dans quel lieu du » globe la nature n'a-t-elle pas des eaux à sa disposition » pour nous assaillir quand elle voudra? Presque partout » nos fouilles aboutissent à trouver de l'eau. Ajoutez ces » immenses lacs invisibles, ces mers souterraines, ces » fleuves qui roulent dans une éternelle nuit. Combien » de causes d'inondation dans ces eaux qui coulent et au- » dessous et autour de nous? Long-temps captives, elles » se mettront en liberté....... Les roches, entr'ouvertes » de toutes parts, fourniront autant de courans d'eau qui » s'élanceront vers l'Océan.......... Ces délnges d'eau

(1) *Bertrand*, Nouv. principes de géologie, p. 198.

» ou de feu arrivent quand il plaît à Dieu de recommencer un ordre plus parfait de choses. »

Nous allons parler des éboulemens dans lesquels l'eau n'a pas exercé une influence immédiate et dominante ; car rarement il arrive un désastre auquel cet élément soit tout-à-fait étranger.

Montagnes sans cohérence.

Beaucoup de montagnes, ainsi que nous l'avons vu, sont originairement composées de grandes pierres absolument détachées l'une de l'autre. Il y a beaucoup de montagnes semblables entre la Norwège et la Suède. Une coupe transversale du mont Quedlie montre un banc de 40 toises, composé de petites pierres plates, tantôt calcaires, tantôt sâblonneuses, et toujours sans aucune liaison, sans aucun ciment. La plus faible secousse suffit pour faire ébouler ces amas formés par des révolutions antérieures aux tems historiques.

Effets du froid.

Assez d'autres causes concourent à décomposer les montagnes les plus solides. Le froid extrême fait souvent crever et sauter de gros blocs de rocher. Dans la Westrogothie, près Hunneberg, on voit deux piliers réguliers détachés d'un rocher par la seule force du froid (1). La Norwège éprouve beaucoup de ravages par des avalanches de pierres, dues à de semblables effets du froid. Dans les climats plus doux, l'action successive du froid et du chaud n'est pas moins destructive, quoique plus paisible. Dans ces mêmes montagnes de Westrogothie, dont nous venons de parler, Bergmann a observé que les rochers de trapp avaient une croûte plus pâle et plus poreuse du côté du soleil.

Squelettes de montagnes.

En beaucoup d'endroits, les squelettes des montagnes attestent ces changemens. Près d'Adersbach en Bohême, on se promène dans un labyrinthe de blocs de grès posés perpendiculairement, hauts de 100 à 200 pieds, et d'une périphérie égale à la moitié de leur hauteur. Ces colonnes, ou plutôt ces tours carrées, occupent un espace d'une

(1) *Bergmann*, Géographie-Physique, II, 242.

lieue et un tiers de long sur une demi-lieue de large. Un ruisseau y serpente et s'y perd dans un gouffre. Des arbres et des arbustes mêlent leur verdure aux masses grisâtres des rochers. Ce labyrinthe est évidemment le reste d'une montagne dont les parties les moins solides se sont écroulées et ont été entraînées par les eaux courantes. Les fameuses *pierres de Carnac*, dont le vulgaire a fait un temple des Druides, ne nous ont paru être qu'un labyrinthe d'Aderbach en petit. D'autres contrées en offrent les pendans : tels que le Stoneheuge, en Angleterre; le Greiffenstein, en Saxe; les rochers de Svit-Féène, à la Chine, et plusieurs assemblages d'énormes pierres dans les Cordilières du Pérou. Les nations primitives choisirent ces lieux, pleins de la puissance divine, pour y exercer le culte qu'elles vouaient à des êtres d'une nature supérieure.

Effets combinés de ces causes.

L'action lente, mais continuelle et combinée de toutes les causes que nous venons d'indiquer, amène les catastrophes les plus étonnantes.

Les débris des monts Diablerets, en Suisse, offrent, dit-on, une scène très-pittoresque : des portions de bois et de pâturages échappés au désastre commun; des rochers brisés, démantelés, fendus de haut en bas, et qui semblent annoncer de nouveaux bouleversemens; des torrens qui, forcés de se creuser un nouveau lit, rongent le tronc des mélèzes et des sapins, à demi-noyés dans leurs flots : tels sont les groupes variés qui ornent ce théâtre de dévastation.

Ce fut, selon l'Histoire de l'Académie des Sciences, au mois de juin 1714, mais, selon M. Bourrit et autres écrivains du pays, le 23 septembre 1713, que les sommets des Diablerets tombèrent tout à coup, et couvrirent une étendue d'une bonne lieue carrée de leurs débris, qui forment souvent un lit de pierres épais de 30 verges et davantage. Quoique plusieurs centaines de cabanes eussent été ensevelies dans ces ruines, il n'y périt heureusement que dix-huit personnes. Les bœufs, et surtout les chèvres

et les moutons, en furent les principales victimes. La poussière qui s'éleva lors de la chute de la montague produisit, pendant quelques instaus, une obscurité semblable à celle de la nuit, quoique l'événemeut eût lieu à trois heures après-midi, par uu tems serein (1).

Nous avons une relation plus satisfaisante de l'éboulement d'uue montagne, qui eut lieu en 1751, près de Salleuche en Savoie. Le naturaliste Donati décrit ainsi cet événemeut. Une graude partie de la montagne située au-dessous de celle qui s'écroulait, était composée de terres et de pierres, non pas disposées en carrières ou par lits, mais confusément entassées. D'anciens éboulemens de ces pierres avaient laissé peu à peu sans appui le rocher principal de la moutague supérieure. Cette masse se composait de cinq bancs horizontaux et distincts : les deux premiers étaient d'une ardoise fragile ; les deux suivans offraient un marbre coquillier feudu transversalemeut à ses couches ; dans le cinquième, l'ardoise reparaissait, mais ses feuillets étaient dans une position verticale et entièrement désunis. Les eaux de trois lacs, creusés dans ce dernier banc, pénétraient continuellement par les fentes de la moutagne ; les neiges abondantes de l'an 1751 augmentèrent les efforts de ces eaux, et déterminèreut la chute de trois millions de toises cubes de rochers, volume qui seul suffirait pour former une grande montagne. La chute de cette montagne avait été accompagnée d'uue poussière extraordinairemeut fiue, et qu'ou avait prise pour de la fumée, parce qu'elle se soutint plusieurs jours ; le bruit se répandit qu'un nouveau volcan avait fait une éruption au milieu des Alpes, où l'on n'avait jamais connu les ravages des feux souterrains. Mais Donati, envoyé sur les lieux, dissipa ces craintes mal fondées (2).

Il y a encore uu autre genre de catastrophe qui n'est pas moins curieux dans ses causes, ni moins funeste dans Terrains qui glissent.

(1) *Bourrit*, Descript. des Alpes Pennines, etc. *Ebel*, Itinéraire, II, 26.
(2) *Donati*, cité par *Saussure*, Voyages, § 493.

ses effets : c'est lorsqu'une couche de terre ou de roche glisse sur un autre terrain sans se briser, sans se morceler. On a vu, il y a quelques années, le commencement d'un événement de cette nature à Solutré près de Mâcon. Après de grandes pluies, les couches de terre qui se trouvaient sur la montagne de Solutré glissèrent sur les bancs de pierres calcaires qui forment le corps de la montagne ; elles avaient déjà cheminé plusieurs centaines de toises ; déjà le village allait être enseveli lorsque les pluies cessèrent, et ce terrain mouvant s'arrêta (1). On cite encore dans ce genre un fait bien plus étonnant ; une partie du mont *Goïma*, dans l'Etat de Venise, se détacha pendant la nuit, et glissa avec plusieurs habitations qui furent entraînées jusque dans la vallée prochaine. Le matin, à leur réveil, les habitans, qui n'avaient rien senti, furent très-étonnés de se voir au fond d'une vallée, et crurent long-temps qu'un pouvoir surnaturel les avait transportés par l'air dans quelque climat lointain, jusqu'à ce qu'en examinant les environs ils aperçussent les traces de cette révolution qui les avait si merveilleusement épargnés.

Souvent divers désastres s'enchaînent ; les déluges naissent des éboulemens, et en occasionnent de nouveaux.

Effets des éboulemens.

En 1772, la montagne de Piz, dans la Marche de Tréviso, État de Venise, se fendit en deux ; une partie se renversa et couvrit trois villages avec leurs habitans. Un ruisseau, arrêté par les décombres, forma en trois mois un lac. La partie restante de la montagne s'y précipita, le lac déborda, beaucoup de monde y périt ; plusieurs villages sont encore ensevelis sous les eaux (2).

Cet aperçu suffit pour faire connaître la différence qu'il y a entre un éboulement et un tremblement de terre, catastrophes trop souvent confondues par les anciens, et encore aujourd'hui par le vulgaire. Les effets sont souvent les mêmes, le mode d'agir et les causes diffèrent. Il y a

(1) *Delamétherie*, Théorie de la terre, t. V, § 1420.

(2) Géographie de *Gaspari*, en allemand, tome I, p. 370.

des éboulemens sans secousses volcaniques; mais celles-ci occasionnent souvent des éboulemens. Le seul point de coïncidence nécessaire, c'est que les grandes pluies tombant après de grandes sécheresses, amènent également des éboulemens et des tremblemens de terre : les derniers, en développant dans le sein de la terre des gaz expansibles et inflammables ; les premiers, en faisant gercer, en ramollissant et en séparant les couches des montagnes. Les anciens croyaient empêcher les tremblemens de terre en creusant, dans les villes et à l'entour, des fossés et des puits profonds pour ouvrir un chemin aux vapeurs souterraines. Il est plus sûr que les hommes sachent, avec quelque attention, éviter les funestes effets des éboulemens. D'abord, en choisissant l'emplacement d'une ville ou d'un village, on doit niveler les hauteurs voisines, et examiner la solidité ou la caducité des rochers ; alors il est, généralement parlant, facile de se placer hors de la direction des éboulemens possibles. Un naturaliste grec prédit aux Spartiates la chute d'une partie avancée du mont Taygète, qui, peu après, écrasa un quartier de leur ville. Des canaux d'écoulement pour débarrasser les montagnes de leurs eaux surabondantes ; des réservoirs où l'on réunisse ces eaux pour les distribuer aux campagnes, aux fabriques ; des digues, des murailles, peut-être de profonds fossés pour arrêter ou amortir les chocs des avalanches : voilà ce que l'industrie humaine peut opposer à ces forces redoutables de la nature, dont un des plus utiles effets est d'éveiller notre intelligence et d'enflammer, en l'irritant, notre courage.

Si l'on peut prévenir ou prévoir les éboulemens.

En traçant l'hydrographie terrestre, nous avons déjà considéré les forces très-considérables des eaux courantes, et les éboulemens que nous venons de décrire nous en montrent plusieurs effets. Leur action est encore plus générale. Le torrent vagabond qui roule des rochers et des forêts déracinées ; la rivière profonde qui lentement mine les montagnes dont elle baigne les pieds ; le fleuve large et puissant qui change à son gré l'emplacement de son lit, et tantôt crée par ses dépôts un delta d'Egypte, tantôt,

Effets des eaux courantes.

en engloutissant de vastes terrains, produit de nouveaux lacs, comme, par exemple, le lac Biesboch en Hollande; voilà des forces qui, mises en œuvre par la nature pour qui les siècles ne sont que des instans, ont pu suffire à opérer une très-grande partie des changemens que les terrains secondaires et tertiaires ont éprouvés.

Excavation dans les rochers par l'eau.

Nous citerons quelques exemples de changemens très-singuliers dus à la seule action des eaux courantes. Sur le mont *Limur*, en Norwège, on voit deux routes creusées dans un rocher de marbre, l'une au-dessus de l'autre. Le marbre, épais seulement de trois doigts, qui les sépare, laisse apercevoir à travers ses fentes une rivière coulant dans la route la plus basse. Il paraît que les eaux d'un lac situé à quelques centaines de pieds plus haut, se sont successivement creusé ces deux débouchés à travers le rocher. C'est ainsi que la rivière *Gaulen*, dans le même pays, se perdit en 1344, et reparut quelques années après avec une extrême violence, en roulant devant elle les débris de la prison souterraine où elle était descendue (1). Le mont Jura, et en général toutes les montagnes calcaires, offrent des faits du même genre. Le lac de Joux, celui de Grand-Vaux et bien d'autres, ont creusé dans le roc les entonnoirs par où découlent leurs eaux. Quelquefois, lorsque les parois de la route sous laquelle les eaux se frayaient un chemin étaient rongées et excavées à un certain point, le toit de la route devait s'écrouler; alors il se formait tantôt une gorge coupée à pic, à travers laquelle les eaux s'enfuyaient, comme près d'Orgelet sur la route de Saint-Claude (2); tantôt l'issue de la vallée, barrée par les décombres, forçait les eaux à donner naissance à un lac, tel que celui de *Sillan*, près Nantua (3).

Entonnoirs.

Un autre phénomène singulier se présente dans les en-

(1) *Pontoppidan*, Hist. naturelle de la Norwége.
(2) *Bertrand*, Nouv. Principes de Géologie, p. 175.
(3) *Ibidem*, *ibidem*, p. 178. Comp. *Saussure*, Voyages, § 384.

tonnoirs sans issue, qu'on appelle en Suède *chaudières de géans*. Ce sont des excavations circulaires, quelquefois tournées en spirale, ayant les côtés très-lisses, situées la plupart sur les flancs des montagnes, et contenant souvent au centre une pierre arrondie. Le voyageur Kalm a observé de ces enfoncemens aux Etats-Unis près le fort Nicolson. On en cite des exemples observés en Suisse et en Sibérie ; mais ils s'y rencontrent uniquement dans la roche calcaire sulfatée (1). Au contraire, ceux de la Suède et des Etats-Unis existent de préférence dans le granite. Selon Bergmann, ils ont été formés par des eaux courantes qui s'y engouffraient et qui y faisaient tournoyer une pierre détachée d'un rocher voisin (2). Chaudières de géans.

En admettant cette explication, les chaudières des géans prouveraient incontestablement qu'il y a eu un tems où le granite n'était pas plus dur que nos pierres de plâtre.

Il y a beaucoup de lacs qui tiennent en dissolution des substances salines, terreuses, métalliques, bitumineuses; ces substances forment quelquefois des dépôts simples ; d'autres fois, elles sont entraînées au fond du lac par une précipitation chimique. Plusieurs causes peuvent y concourir. Les différens gaz et acides dont les eaux de ces lacs sont chargées, peuvent faire naître des cristallisations ; un refroidissement dans les lacs qui jouissent d'un certain degré de chaleur, peut encore avoir le même effet. Il est certain que les restes des êtres qui vivent et meurent dans ces eaux, y forment des couches de terre calcaire. Des arbres, des végétaux qui y sont entraînés par les eaux courantes, forment des îles flottantes qui peu à peu se lient, s'étendent, et finissent soit par couvrir les lacs d'une croûte de terre, soit par s'y enfoncer et en exhausser le fond. Ajoutons que plus une masse d'eau stagnante perd en profondeur, plus elle s'évapore ; Dessèchement des lacs.

(1) *Patrin*, Histoire naturelle des minéraux, III, 201. *Saussure*, Voyages, § 1238. (2) *Bergmann*, Géog. Phys., II, 228.

car la vaporisation de l'eau est toujours en raison directe de sa surface, et en raison inverse de sa profondeur, comme les expériences le prouvent. Il y a, dans tous les pays montagneux et marécageux, de nombreux exemples de petits lacs qui se sont desséchés par une de ces causes ; on peut donc, sans témérité, croire que les mêmes phénomènes ont eu lieu en grand, et que plusieurs grandes plaines ont été formées dans des méditerranées, comme, par exemple, une partie de celles qui bordent la mer Caspienne (1).

Débâcle des lacs encombrés.

Les encombremens d'un lac commencent par resserrer son bassin; mais le lac recevant toujours la même quantité d'eau, il se déborde nécessairement ; et s'il parvient à se précipiter dans d'autres lacs inférieurs, il peut produire des débordemens successifs, qui changent la surface des terrains environnans. Ces efforts seraient plus violens, si des lacs glacés et trop remplis d'eau venaient à débâcler simultanément. Les eaux, dans ce cas, seraient peut-être animées d'une force si impétueuse, qu'elles pourraient renverser tout ce qui se rencontrerait sur leur chemin, faire de larges échancrures dans les chaînes de montagnes, et ainsi former de grandes vallées. Cette idée a été développée par *Sulzer*, et outrée par *Lamanon* (2). Elle se présente très-naturellement, lorsqu'on considère les grands lacs de l'Amérique septentrionale qui s'écoulent l'un dans l'autre, et tous à la fin dans le fleuve Saint-Laurent. Si les terrains qui bordent l'Ohio, et où l'on trouve les os des mammouths, sont imprégnés de sel ; si la plaine qui entoure le fleuve des Amazones est, comme on dit, absolument composée de terres molles et dépourvues de pierres ; si l'on trouve dans la plaine de Crau et en Dauphiné les mêmes galets et cailloux roulés, que sur les bords du lac de Genève : toutes ces circonstances peuvent s'expliquer au moyen de l'écoulement des lacs intérieurs ; mais la certitude his-

(1) *Delamétherie*, Théorie de la terre, § 1417.

(2) *Lamanon*, Journal de physique, 1780, décembre, p. 474.

torique manque et manquera toujours à ces hypothèses.

Il est d'ailleurs certain que les vallées ont dû préexister pour que l'écoulement des eaux se fît. Ainsi, tout ce qu'on peut accorder à cette théorie de l'excavation du terrain par des courans d'eau, doit se borner à des effets qui ne regardent que les couches superficielles.

Les eaux de la mer diminuent-elles?

Nous abordons une question qui a beaucoup occupé les géographes-physiciens : les eaux de la mer ont-elles diminué ?

Commençons par définir le sens de la question. Il ne s'agit point de ces fluides, marins ou autres, qui à diverses époques couvraient le globe, et dans lesquels vivaient les innombrables coquillages, madrépores et polypes que nous avons vus exister jusque sur le sommet des plus hautes montagnes. Il est évident que ces fluides ont disparu ; mais le mode lent ou rapide de cette disparition, et ses causes internes ou externes, ne peuvent nous être connus que par conjecture. L'homme n'existait point lors de ces révolutions qui ont entassé les uns sur les autres les restes des animaux de mer et d'eau douce. Il n'est question que des changemens qu'a pu subir la mer du globe terrestre, depuis la dernière révolution qui créa nos continens actuels. Ici la réponse devient possible.

Une expérience assez longue, celle de plus de vingt siècles éclairés par le flambeau de l'histoire, semble prouver que la mer actuelle, considérée quant à son volume et à sa masse totale, est dans un état parfaitement stationnaire ; de sorte que l'évaporation de ses eaux est égale à la quantité dont les fleuves l'augmentent, et que son étendue n'est ni diminuée ni augmentée. Mais des circonstances locales, comme, par exemple, le défrichement des terres, la destruction des forêts, l'engorgement ou le déblaiement des rivières, peuvent, pour un certain tems, faire varier le niveau de quelques mers intérieures. D'autres causes temporaires ou locales peuvent produire, dans l'Océan même, non pas une augmentation ou diminution de volume, mais de petites oscillations qui, en faisant sortir

les eaux de leur équilibre, occasionnent d'un côté les petites retraites de la mer, par conséquent la formation des nouveaux terrains; et d'un autre côté, de petites invasions de la mer sur la terre. Ces changemens se compensent mutuellement et sont de trop peu d'étendue, et surtout trop variables, pour influer sensiblement sur la forme des grands continens.

Manière dont la mer opère des changemens.

La mer actuelle travaille en deux manières à changer la forme de ses rivages: elle crée de nouveaux terrains en y déposant du sable, du gravier, des coquillages et des plantes marines; en repoussant et retenant le limon et les autres matières apportées par les fleuves; en minant les montagnes qui bordent la côte, ce qui produit des éboulemens; en se retirant elle-même, soit parce que les fleuves apportent une moindre quantité d'eau, ou parce que d'un autre côté elle a conquis quelque terrain sur lequel elle a étendu une partie de ses eaux. Elle a envahi des terrains anciens en les minant et les faisant crouler, ou en s'élevant au-dessus de son niveau, lorsque, par une cause quelconque, son bassin aura été resserré en d'autres endroits.

Les mers de l'Europe étant les mieux observées, nous fourniront les preuves de nos assertions. Commençons par la Méditerranée.

Changemens dans la Méditerranée orientale.

Nous avons vu qu'en prenant dans Homère le nom d'*Egyptos* pour celui du fleuve, et non pas pour celui du pays (1), on pouvait se dispenser d'admettre que la mer a comblé le prétendu ancien golfe qui entrait dans l'Egypte jusqu'à Thèbes, et qui séparait d'une journée de navigation l'île du Phare de la terre-ferme, comme on l'affirme communément. Quelques atterrissemens moins considérables ont sans doute eu lieu depuis l'époque où Hérodote nous donne la première description de ce pays; ils sont dus moins encore au limon qu'entraîne le fleuve, qu'aux vents qui emportent avec eux les sables des déserts voisins. C'est ce qui arrive encore journellement sur les

(1) Voyez notre vol. I, liv. II, p. 41.

côtes de l'Egypte. Le port d'Alexandrie s'encombre ; la ville de Damiette, dont la mer baignait les murs au tems de Louis IX, s'en trouve aujourd'hui considérablement éloignée. En compensation, le lac Menzaleh paraît s'être formé, soit par l'écoulement d'un bras du Nil, dont on aurait négligé le curage, soit par une irruption de la mer (1).

Le long des côtes orientales de la mer Méditerranée et de ses golfes, on observe peu d'atterrissemens. Cependant l'île de Tyr a été unie au continent par une main plus puissante que celle d'Alexandre. Le Méandre a comblé peu à peu la vallée dans laquelle il coule, et qui jadis était un golfe. Les habitans de Milète et d'Éphèse ont plusieurs fois changé l'emplacement de leurs villes, en suivant la mer qui s'éloignait de leurs murs. En Grèce, on ne voit aucun atterrissement considérable sur les côtes d'est; mais sur celles d'ouest, la célèbre île de Leucate est devenue une presqu'île. Beaucoup d'îlots situés devant les embouchures des rivières se sont joints à la terre-ferme (2).

Changemens dans le golfe de Venise.

Dans le golfe de Venise, des changemens très-remarquables ont eu lieu. *Ramazzini*, ayant observé que tout le pays Modénois est suspendu au-dessus d'un lac souterrain, et que l'on y trouve beaucoup de coquillages, s'est même persuadé que la Lombardie avait eu grande partie été formée par les atterrissemens combinés du Pô et de la mer. Tout ce qu'il y a de certain, c'est que le Pô faisait autrefois de très-grands ravages, en inondant souvent des provinces entières : on l'a enchaîné par de fortes digues ; mais en renouvelant ces remparts, qui préservent le pays d'une submersion totale, on a forcé le fleuve à exhausser lui-même son lit; ce qui fait que le niveau des eaux du Pô est aujourd'hui élevé de plusieurs pieds au-dessus des terrains qui l'environnent.

(1) *Shaw*, Voyage, vol. II, p. 173, 188. *Telliamed* (de Maillet), sur la diminution de la mer, etc. (2) *Strab.*, lib. II, passim. *Plin.*, Hist nat., II, c. 89.

Les environs de Ravenne, d'Aquilée et de Venise offrent des faits plus constans et mieux prouvés. Il est hors de doute, d'après les observations de *Manfredi* (1), que le sol auprès de Ravenne a baissé tellement, que le pavé de la cathédrale n'est qu'à six pouces au-dessus du niveau de la haute marée; mais en même tems, la terre s'est étendue de manière que cette ville, placée autrefois au milieu des marais et des lagunes, et pourvue d'un excellent port (2), est aujourd'hui éloignée de la mer de trois milles d'Italie (un quart de lieue), et entourée de prés et de champs. Les Vénitiens craignent de voir leurs lagunes se dessécher; et cependant le sol même de Venise s'est un peu enfoncé. Aquiléje était autrefois voisine de la mer. On prétend que la mer, au contraire, fait des invasions sur les côtes de l'Istrie et de la Dalmatie; on y trouve des colonnes, des pavés en mosaïque et des urnes sous les eaux.

Changemens dans la Méditerranée occidentale.

La côte occidentale de l'Italie présente, dans un très-petit espace, deux phénomènes en apparence contradictoires. Les marais Pontins couvrent aujourd'hui une partie de *la voie d'Appius*, tandis que dans l'embouchure même du Tibre on voit un terrain qui n'y était point du tems des anciens Romains. Mais ce n'est pas la mer qui a couvert le chemin d'Appius; ce sont les rivières, dont la négligence des habitans modernes a laissé encombrer les embouchures. De même, si les fameuses maisons de plaisance de l'ancienne *Bayæ* se trouvent aujourd'hui ensevelies sous l'eau, c'est que ces édifices, séjour du luxe et de l'ostentation, étaient bâtis au milieu de la mer (3).

Sur les côtes de l'Espagne et de la France, la Méditerranée a également perdu, sans rien avoir gagné. Aigues-Mortes, dans le ci-devant Languedoc, était, au treizième siècle, voisine de la mer, qui à présent en est éloignée de deux lieues (4). Depuis l'embouchure du Rhône jusques à

(1) *Manfredi*, De auctâ maris altitudine, in *Opusc. Bononiens.*, II, 120. (2) *Bianchi*, Specim. æstus marini. *Moro*, des Changemens de la terre, II, ch. 25. (3) Voyez *Peintures d'Herculanum*, tom. III.

(4) *Strab.*, V. 246, édit. Almelov.

Agde, la mer a perdu du terrain, ou, comme on dit, s'est retirée. Le port de Barcelone devient tous les jours moins profond. Ainsi, sans entrer dans un plus long détail, nous pouvons dire que la somme des atterrissemens connus de la Méditerranée semble plus considérable que celle de ses envahissemens. Mais, d'un côté, nous sommes hors d'état de pouvoir comparer les états modernes et anciens des côtes de l'Afrique; de l'autre côté, il y a sur la Méditerranée un nombre infini de ports célèbres qui conservent exactement le même niveau des eaux qu'aux tems des anciens; Marseille, Gênes, Syracuse, Navarins ou Pylos, et vingt autres lieux, se trouvent dans la même position. Les ruines d'Herculanum touchent à la mer, comme la ville elle-même du tems de Strabon : donc il n'y a pas lieu à supposer une diminution générale.

L'océan Atlantique a fait quelques atterrissemens sur les côtes de France; il a contribué à élever ces laudes sablonneuses qui règnent de Bordeaux jusqu'à Bayonne : plusieurs baies y ont été comblées, et l'Adour s'est vue obligée de chercher un nouveau débouché. Un district entre la Rochelle et Luçon, et en général tout le *marais de la Vendée*, ont été arrachés aux eaux (1). La petite baie où est situé le Mont-Saint-Michel, entre la Bretagne et la Normandie, paraît également se dessécher. Mais nous avons vu la mer reprendre, auprès de Dol, des terrains qui lui avaient appartenu. Changemens dans l'Océan Atlantique.

Varenius, *Lulof*, et autres géographes, ont décrit les atterrissemens que la mer d'Allemagne a formés sur les côtes de la Hollande. On voit ici beaucoup d'effets d'un genre différent, qui tous concourent au même but; on voit surtout un exemple frappant de ces vicissitudes éternelles auxquelles l'action de la mer sur les terres semble être soumise. Dans les tems les plus reculés dont l'histoire parle, ces contrées étaient d'immenses marais que les flots de la mer et les fleuves se disputaient; les pre- Changemens sur les côtes de Hollande.

(1) *La Bretonnière*, Statistique de la Vendée.

miers y apportaient du sable, les seconds du limon ; ainsi il s'y forma des terrains plus élevés, et en quelque sorte habitables ; cependant ces terrains, tantôt couverts d'eau, tantôt laissés à sec, appartenaient également à l'un et à l'autre élément. L'industrie humaine dirigea le cours errant des rivières, arrêta la fureur des vagues par d'immenses digues, et se créa de cette manière une patrie au sein même des eaux. Mais il resta des lacs, des bourbiers, des marais : les rivières minaient sourdement ces terrains mal affermis ; la mer y pénétrait par les larges embouchures des fleuves. Plusieurs grandes marées furent les époques des écroulemens et des révolutions désastreuses, dont les trois suivantes sont les plus remarquables.

Le *Zuyderzée* n'était anciennement qu'un lac de médiocre étendue qui s'écoulait dans la mer par la rivière de Ulie, le *Flevo* de Tacite. Environ vers l'an 1250, la mer y fit une irruption ; de vastes terrains, que les eaux courantes apparemment avaient minés, s'écroulèrent, et le Zuyderzée exista. Le golfe de *Dollart*, entre l'Ost-Frise et la province de Grœningue, était, jusqu'en 1300, un canton fertile, couvert de riantes prairies. En 1421, la force réunie de la mer et des rivières noya, près de Dortrecht, 72 magnifiques villages, avec 100,000 hommes (à ce qu'on dit), et forma le lac de *Biesbosch* (1).

Changemens sur les côtes danoises.

Les côtes danoises de Sleswik et de Holstein nous présentent un spectacle à peu près semblable. La mer y a fait des conquêtes et des pertes. L'île de *Nord-strand* fut engloutie en 1634 : celle de *Helgoland* avait été beaucoup endommagée dans le 13e siècle. D'un autre côté, la mer apporte sur les côtes de la terre ferme du limon gras, de l'argile bleuâtre et du sable ; lorsque ces matières ont pris quelque consistance, on l'entoure de digues : ces terrains deviennent si fertiles, qu'en très-peu d'années ils dédommagent les cultivateurs de tous les frais que leur acquisition a coûtés. Sur les côtes du Jutland, dans le district de Thy,

(1) *Lulof*, Introduction à la Géographie-Physique, en hollandais, § 432 *sqq*.

la mer a rempli de sables plusieurs anciens golfes, où des pirates avaient leur retraite, d'après l'histoire ancienne du Nord; elle a peut-être formé l'isthme qui la sépare aujourd'hui du golfe dit *Limfiord*, qui semble avoir été un ancien détroit. Toute la côte occidentale et septentrionale du Jutland (depuis 55 degrés 24 minutes jusqu'au cap Skagen, 57 degrés 40 minutes environ) nous semble être un produit de la mer, qui, en entassant des sables, a fait une côte unie de ce qui était autrefois une chaîne d'îles.

Diminution de la Baltique. Argumens physiques.

Les petits changemens qui ont eu lieu dans la Baltique ne prouvent nullement une diminution générale des eaux de cette mer (1). Des naturalistes célèbres ont regardé les coquillages et autres débris d'animaux comme preuves de cette diminution générale, tandis que des historiens s'efforçaient de la prouver par l'encombrement d'anciens ports et détroits. Ces deux argumens se rapportent évidemment à deux époques différentes: nous avons vu que tous les débris d'animaux appartiennent à un âge où l'homme n'existait pas encore. Quant aux tems historiques qui, pour la Suède, ne commencent qu'avec le 9e siècle, il y a eu, sur quelques côtes de la Suède, des atterrissemens, surtout entre ces labyrinthes de rochers qui la bordent en grande partie. Ces atterrissemens sont dus à la violence des courans qui, en même tems, sont très-variables; mais les pertes et les conquêtes de cette mer se compensent mutuellement. Si le détroit entre la Poméranie suédoise s'encombre du côté du nord, il devient tous les jours plus profond du côté de l'est. En général, on doit dire, avec *Browallius* (2), que si mille observations prouvaient la diminution des eaux, une seule observation contraire suffirait pour réduire ces observations à

(1) *Linnæus*, de telluris habitabilis incremento, *Amœnit. academ.*, II, 430. *Id.*, Voyage de Westrogothie, d'Acland, de Scanie, etc. *Ol. Celsius*, Observat. Acad. scienc., Suec., 1743, p. 33. *Dalin*, Hist. de la Suède, préface. *Bergmann*, Géographie-Physique, 5e section, chap. 3. *Ferner*, Discours contenant l'histoire de la dispute sur la diminution des eaux. (2) *Browallius*, Recherches physiques et historiques sur la prétendue diminution des eaux, etc. Stockholm, 1756.

une vérité purement *locale*. Or, ce n'est pas une, mais cent observations contraires qui prouvent qu'il n'y a pas eu d'abaissement général dans le niveau de la mer Baltique. De vieux chênes de trois siècles et croissant sur des terrains bas voisins de la mer, des châteaux qui existent depuis des siècles dans des endroits qui, selon l'hypothèse de *Celsius*, auraient dû être nouvellement sortis de dessous l'eau; voilà ce qu'on a victorieusement opposé aux calculs hypothétiques des dessécheurs. Browallius indique beaucoup d'endroits, même sur les côtes suédoises, où la mer est devenue plus profonde. Je dois ajouter que les géographes allemands assurent la même chose en général, quant aux côtes allemandes de cette mer.

Argumens historiques.

Les argumens historiques en faveur de la diminution des eaux de la Baltique ont été également renversés. On avait insisté sur les expressions vagues des géographes grecs et romains, qui représentent la Scandinavie comme une grande île; mais si la mer eût, depuis les tems de Pline, baissé assez pour que le sol de la Finlande, élevé de 500 à 1,000 pieds, fût sorti de dessous les eaux, il s'ensuivrait que le Mecklenbourg, le Holstein, les landes de Hanovre et de Westphalie, et l'île des Bataves, terrains élevés seulement de 2 à 400 pieds, auraient dû être également sous l'eau; tandis qu'il est bien certain que les armées romaines y faisaient la guerre, et que Ptolémée, au commencement du 2e siècle, décrit ces régions de manière qu'on y reconnaît leurs formes actuelles, à quelques petits changemens près.

Cartes du moyen âge.

Les cartes du moyen âge ne prouvent rien en faveur de la diminution des eaux. On conserve dans le couvent de Saint-Michel de Murano, à Venise, une mappemonde qui a été faite par un des moines de ce monastère, du nom de *Mauro*. Cette carte a été faite avec les secours fournis par un P. *Quirini*, qui, en 1431, avait navigué jusqu'en Trondhiem, et de là avait traversé la Suède par terre. On y voit la mer Baltique plus étendue qu'elle ne l'est aujourd'hui. Mais qui ne sait pas que sur toutes les

cartes anciennes, des dessinateurs et des graveurs malhabiles ont arrondi les caps, resserré ou étendu les îles, et déblayé les mers selon leur bon plaisir? Comment peut-on attribuer une si grande autorité à des cartes *générales*, faites dans des siècles où il n'y avait pas encore une seule carte *spéciale* levée avec soin?

Enfin l'argument décisif et invincible en faveur de l'état stationnaire de la mer Baltique depuis vingt siècles, c'est l'identité de tant de noms de provinces et de districts connus dans l'histoire ancienne du nord, et qui se retrouvent encore de nos jours appliqués aux mêmes lieux; c'est la ressemblance du pays tel qu'il existe, avec tout ce qui se lit chez les anciens historiens; l'antique célébrité (dans la Scandinavie) des contrées qui n'auront pas seulement pu exister, si l'on admet l'hypothèse celsienne; enfin le silence absolu des traditions populaires et des anciennes poésies scaldiques, qui n'auraient pas manqué de conserver des souvenirs très-vifs d'une aussi grande et aussi mémorable métamorphose; en un mot, si la mer Baltique a diminué, cet événement se rapporte à ces tems reculés dans la nuit des siècles, où peut-être une très-grande catastrophe causa un desséchement général de l'Océan, qui couvrait une grande partie de la terre. Mais si une telle révolution a eu lieu, c'est certainement un événement qui n'a rien de commun ni avec l'ordre de choses sous lequel nous vivons, ni avec une diminution successive de la mer actuelle (1).

Diminution de la Baltique par les défrichemens.

On peut proposer à l'égard de la mer Baltique une hypothèse moins présomptueuse; on peut attribuer uniquement aux grands défrichemens de la Finlande et de quelques provinces russes, ainsi qu'à la destruction successive des forêts dans tout le nord, une diminution successive dans la quantité des eaux fluviatiles versées dans la mer Bal-

(1) *Bring* (depuis nommé *Lagerbring*), de Fundamentis chronologiæ Sueo-Gothicæ, p. 48-50-55-73-76. *Rhyzelius*, Episcopia Sueo-Gothica, II, 148. *Suhm*, Esquisse de l'origine des peuples, p. 11, etc.

tique; par conséquent cette mer, autrefois un peu plus élevée que la mer du Nord et de l'Océan, aurait baissé jusqu'au niveau général des autres mers. Non-seulement les défrichemens diminuent quelquefois, et d'autres fois augmentent la quantité d'eau courante d'une contrée, mais ils changent aussi la constitution atmosphérique; ils la rendent, généralement parlant, plus chaude; par conséquent ils augmentent l'évaporation qui se fait journellement à la surface des eaux. Nous croyons que cette explication pourrait être suffisante pour rendre compte de tous les changemens qu'on observe dans le niveau des mers méditerranées.

Changemens locaux. Exemple.

Nous avons vu opérer la mer Baltique; nous avons vu l'île de Hveen, le célèbre séjour de Tycho-Brahé, diminuée par la violence des flots, tandis qu'à peu de lieues de là, près la pointe méridionale de la Scanie, il s'est formé un îlot composé de sables; quelques graminées y ayant pris racine, l'ont exhaussée et consolidée; elle s'agrandit tous les ans, sans que la mer voisine baisse. Les détroits par où se déchargent les lacs et les méditerranées peuvent être comparés aux fleuves, qui souvent font éprouver à leurs rivages des changemens locaux.

Effets de la gelée.

La gelée contribue à hausser certaines parties des côtes de la Baltique. Quand les lacs et fleuves sont gelés, les terres poreuses qui les bordent forment, avec l'eau voisine, une seule masse de glace; si maintenant des eaux non gelées viennent se joindre à la masse également non gelée des lacs ou des fleuves, la croûte de glace doit se soulever; les terres gelées suivent ce mouvement; le vide qui se forme au-dessous de ces couches soulevées se remplit par le limon et le gravier du fond des lacs et des fleuves; ainsi, après le dégel, elles restent au niveau plus élevé qu'elles ont pris. On observe ces faits tous les ans dans l'Ostrobothnie (1). Les glaces marines, subitement brisées par quelque oscillation de la mer, soulèvent des

(1) *Bergmann*, Géographie-Physique, II, 244, 299.

rochers entiers, et les portent plus en avant dans les terres. On cite en Suède deux rochers qui doivent à cette cause une position plus élevée qu'ils ne l'avaient autrefois (1).

Kalm, ce judicieux voyageur qui a si bien observé l'Amérique septentrionale, dit qu'il se fait des atterrissemens considérables dans la province de la Nouvelle-Jersey, le long des rivières; mais il les attribue aux défrichemens. La terre sauvage, couverte de rochers, de mousses et de ronces, ne donne aucune prise aux eaux courantes, tandis que les terrains labourés présentent à l'action de ces eaux une surface ameublie par la charrue, décomposée par l'air et le soleil, et dont les molécules lisses et légères se laissent facilement entraîner et emporter par les rivières. Cette observation nous paraît excellente et parfaitement conforme à ce qu'on voit dans le nord, surtout dans les terrains argileux et limoneux (2). Observations sur l'Amérique septentrionale.

Nous croyons inutile d'entrer dans un détail minutieux sur ce qui regarde les autres parties du monde. Les accroissemens du *Tehama* de l'Arabie, et la prétendue submersion du *Pont d'Adam*, qui joignit, dit-on, l'île de Ceylan à l'Inde, nous fourniraient un contraste décidé. Le *Voyage de Néarque* nous apprendrait que, malgré des marées immenses, les côtes à l'embouchure de l'Indus n'ont pas été sensiblement changées depuis les siècles d'Alexandre. En nous fiant aux annales chinoises, nous aurons, au contraire, de belles preuves pour le dessèchement continuel du globe. Mais les côtes nord-ouest de l'Amérique nous offriraient des traces de l'avidité de l'Océan. Enfin, tous les faits bien examinés, bien pesés, ne nous meneraient qu'à cette conclusion: que *la mer actuelle est dans un état stationnaire*, et que son niveau ne se baisse et ne s'élève que par des causes locales et temporaires, sans qu'en général son volume change. Conclusion générale.

Si, malgré cette vérité historique, on trouve au milieu

(1) *Runeberg*, Dissertation, etc., dans les Mém. de l'Académie de Stockholm, 1765. (2) *Kalm*, cité par *Browallius*, § 108.

des continens, et même à des hauteurs considérables, des aucres et des restes de vaisseaux, on peut s'expliquer ces phénomènes en admettant une tradition consacrée par Moïse, et habilement défendue par Deluc. Lorsque le sol de nos continens actuels était le fond de l'Océan, il existait un autre continent peuplé d'hommes, continent qui a disparu par une grande catastrophe, laquelle en même tems a mis à sec la terre aujourd'hui habitable. Les hommes anté-diluviens naviguaient donc au-dessus de nos champs actuels; ils poursuivaient la baleine où nous récoltons des blés; ils jetaient l'ancre sur nos montagnes, qui étaient alors des écueils et des îles au sein de la mer. Quoi qu'il en soit de cette hypothèse, Deluc a parfaitement prouvé que ces restes d'anciens navires ne sauraient prouver une diminution successive de la mer actuelle (1).

Remarque sur les restes d'anciens navires.

Contemplons maintenant les ravages d'un autre élément. Le nom de *volcan*, emprunté de celui que les Romains donnaient au dieu qui, selon eux, présidait à l'élément du feu, désigne aujourd'hui les montagnes qui vomissent de la flamme, de la fumée et des torrens de matières fondues. On dit aussi un *mont ignivome*. La cheminée par laquelle sort la fumée et la matière fondue, finit par une vaste cavité en forme d'un cône tronqué et renversé. Cette bouche du volcan s'appelle *cratère*.

Volcans.

C'est un des phénomènes les plus effrayans et les plus majestueux, que l'éruption d'un volcan. Les signes avant-coureurs de l'explosion annoncent déjà le combat invisible des élémens en courroux : ce sont des mouvemens violens qui ébranlent au loin la terre, des mugissemens prolongés, des tonnerres souterrains, qui roulent dans les flancs de la montagne tourmentée; bientôt la fumée, qui sort presque continuellement de la bouche du volcan, augmente, s'épaissit et s'élève sous la forme d'une colonne noire. Le sommet de cette colonne, cédant à son propre poids, s'affaisse, s'arrondit et se présente sous l'aspect d'une

Description des éruptions volcaniques.

(1) *Deluc*, Lettres physiques et morales, II, lettres 89 et 90.

tête de pin, qui a pour tronc la partie inférieure. Cet arbre hideux ne reste pas long-tems immobile ; les vents en agitent la sombre masse et la dispersent en rameaux, qui forment autant de traînées de nuages. D'autres fois, la scène s'ouvre avec plus d'éclat : un jet de flamme s'élève au-delà des nuages, se tient immobile pendant quelque tems, et semble alors une colonne de feu qui repose sur la terre et menace d'embraser la voûte des cieux. Une fumée noire l'environne, et en interrompt, de tems en tems, l'éclat éblouissant par des veines obscures. De nombreux éclairs semblent sortir de cette masse enflammée. Soudain, la brillante cascade semble retomber dans le cratère ; et à ses terribles clartés succède une nuit profonde. Cependant l'effervescence fait des progrès dans les abîmes intérieurs de la montagne : des cendres, des scories, des pierres enflammées, s'élèvent en lignes divergentes, comme les gerbes d'un feu d'artifice, et retombent autour de la bouche du volcan ; d'énormes fragmens de rochers semblent être lancés contre les cieux par les bras des nouveaux Titans. Souvent un torrent d'eau est chassé avec impétuosité, et roule, en sifflant, sur les rochers enflammés. Enfin, il s'élève du fond de la coupe ou du cratère, une matière liquide et brûlante, semblable à un métal en fusion ; elle remplit toute la capacité du cratère, et vient jouer sur les bords de l'orifice. Une quantité abondante de scories flotte à sa surface ; elles se montrent et disparaissent tour à tour, selon que la masse liquide s'élève ou s'abaisse dans le cratère, où elle semble bouillonner. Ce spectacle, d'une horrible majesté, n'est que le prélude des désastres réels. La matière liquide se déborde, coule sur les flancs du cône volcanique, et descend jusqu'à sa base. Là, quelquefois elle s'arrête, et, semblable à un serpent de feu, se replie sur elle-même. Plus souvent elle se dilate, et sort de dessous une espèce de croûte solide, qui s'est formée à sa surface ; elle s'avance comme un fleuve large et impétueux, détruit et enveloppe tout ce qui se présente sur

Ravages causés par les laves.

son passage, franchit les obstacles qu'elle n'a pu renverser, dépasse les remparts des cités ébranlées, envahit des terrains de plusieurs lieues d'étendue, et transforme, en un instant, des campagnes florissantes et tranquilles en une plaine brûlée, où le désespoir erre parmi des ruines fumantes.

Les mêmes ravages peuvent avoir lieu sans que la matière liquide, appelée *lave*, sorte précisément par le haut du volcan; elle est quelquefois trop compacte, trop pesante, pour être soulevée jusqu'au sommet. Alors son violent effort occasionne plusieurs nouvelles ruptures dans le flanc de la montagne, par où ce torrent igné se précipite (1).

Géographie des volcans.

Considérons maintenant l'emplacement des montagnes volcaniques.

Grande chaîne volcanique du globe.

Une grande chaîne de montagnes ignivomes s'étend tout autour du grand Océan. La terre de Feu, le Chili, le Pérou, toute la chaîne des Andes, sont remplis de volcans. On distingue au Pérou ceux d'Aréquipa et de Pitchinca; celui de Coto-Paxi, dont la flamme, en 1738, s'éleva à plus de deux mille pieds, et dont l'explosion fut entendue à 120 lieues de distance, s'il faut en croire les Espagnols. Le *Chimboraço*, la plus haute montagne du globe, est un volcan éteint; il y en a beaucoup d'autres. Humboldt a vu fumer l'Antisana élevé de 3,020 toises (2). Si nous passons l'isthme de Panama, nous trouvons les volcans de Nicaragua et de Guatimala; leur nombre est infini : il y en a qui conservent de la neige éternelle, et qui par conséquent atteignent à une grande hauteur. Viennent ensuite ceux du Mexique proprement dit, savoir; l'Ovizaba, le Popocateipetl, élevé de 2,771 toises; le Jo-

(1) *Plin. jun.* Epist., lib. II, p. 16. *Pindar.*, Pyth. I, v. 35—50; *Virg.*, Eneid. III, v. 571-582. *Claud.*, Rapt. Proserp. I, v. 151-176. *Della Torre*, Histoire du Vésuve, en italien. *Hamilton*, Lettres sur les éruptions du Vésuve. *Dolomieu*, Mémoires sur les îles Ponces; *id.*, Voyage aux îles Lipari, etc., etc. (2) *Humboldt*, Tableau des régions équatoréales, p. 124.

nello sorti de terre en 1759, et plusieurs autres, tous situés sous le 19[e] parallèle de latitude (1). La Californie renferme cinq volcans en activité. Il n'est pas douteux, d'après les rapports de Cook, de La Pérouse et de Malaspina, qu'il n'y ait des volcans très-considérables et en grand nombre dans le nord-ouest de l'Amérique. Le Mont-Saint-Élie a près de 2,800 toises de haut. Ces volcans forment l'anneau intermédiaire entre ceux du Mexique et ceux des îles Aleutiennes, et de la presqu'île d'Alaschka. Ceux-ci, qui sont en très-grand nombre, tant éteints que brûlans (2), continuent la chaîne vers le Kamtschatka, où il y en a trois d'une grande violence. Le Japon en a huit, et l'île de Formose en renferme également plusieurs. Maintenant la bande volcanique s'élargit et devient d'une immense étendue; elle embrasse les Philippines, les Marianes, les Moluques, Java, Sumatra, les îles de la reine Charlotte, les Nouvelles-Hébrides, et, en un mot, tout ce vaste Archipel qui forme la cinquième partie du monde. Il en sera parlé en détail dans la description de ces îles; il serait trop long de les énumérer tous, puisque la seule île de Java en renferme six à sept (3).

Les autres chaînes volcaniques sont loin d'être aussi étendues. Il y en a peut-être une dans la mer des Indes. Les îles de Saint-Paul et d'Amsterdam, par des révolutions souterraines, le formidable volcan de l'île de Bourbon, et les jets d'eau chaude, dans l'île de Madagascar; voilà les élémens connus de cette chaîne. Volcans de la mer des Indes.

Le golfe d'Arabie baigne les pieds du volcan de *Gebel-Tar*. Les environs de la mer Morte, et toute la chaîne de montagnes qui parcourt la Syrie, ont été le théâtre des éruptions volcaniques. Il semble permis de lier ces deux faits.

Une vaste bande volcanique occupe la Grèce, l'Italie, l'Allemagne et la France. On connaît les fameuses révo- Volcans d'Europe.

(1) *Humboldt*, Essai sur le Mexique, Liv. III, ch. VIII, p. 253.
(2) *Gmelin*, Descript. de la Russie, I, 258.
(3) *Struyck*, Introduction à la Géographie (en hollandais), p. 67.

lutions de l'Archipel grec et ces îles nouvelles, produites par des explosions sous-marines. Bientôt les célèbres sommets de l'Etna se présentent à nos regards ; cette montagne brûle depuis 3,300 ans (1) : elle est cependant entourée de volcans éteints, qui paraissent beaucoup plus anciens. Les îles de Lipari semblent devoir leur origine aux volcans qu'elles renferment. Le Vésuve n'a pas toujours été le seul mont ignivome du royaume de Naples ; on vient d'en découvrir un beaucoup plus grand, mais éteint, près de Rocca-Fina (2). On place dans le même rang la Solfatara. Les îles Ponces sont un produit volcanique ; les catacombes de Rome sont creusées dans des laves ; la Toscane est remplie de sources chaudes, sulfureuses, et d'autres indices de volcans. *Arduini* a observé aux environs de Padoue, de Vérone et de Vicence, un grand nombre de volcans éteints ; la Dalmatie en a plusieurs. On soupçonnait une contrée dans la Hongrie, de nourrir dans son sein des feux souterrains ; l'éruption d'un volcan vient de prouver la justesse de cette présomption. L'Allemagne renferme un grand nombre de volcans éteints, dont les mieux reconnus sont ceux de Kamberg en Bohême, de Transberg près Gottingue, et ceux près Bonn et Andernach sur les bords du Rhin. La partie méridionale de la France est remplie de volcans éteints, parmi lesquels le mont Cantal, le Puy-de-Dôme, le mont d'Or, en Auvergne, ont obtenu une grande célébrité (3).

Volcans de l'océan Atlantique.

L'océan occidental n'est pas, comme le Grand-Océan, ceint d'une chaîne de monts ignivomes ; mais il renferme dans son sein même plusieurs groupes. Si la principauté de Galles, l'île de Staffa, et quelques autres parties de l'Écosse et de l'Irlande, ne contiennent que des preuves équivoques de l'existence des volcans éteints, l'Islande nous présente son Hecla, son Kotlouguia et plusieurs autres

(1) *Guénau*, voyez *Collect. académ.* Part. franç., tome VI, 489.

(2) *Scipione Breislack*, Topographia Campaniæ ; et le *Journal de physique*, l'an VIII. (3) *Beroldingen*, Volcans anciens et modernes, considérés physiquement, etc. ; Manheim, 1791, 2 vol. (en allemand).

volcans, qui s'élèvent du sein des neiges éternelles ; ce foyer volcanique est un des plus actifs du globe ; le fond même de l'océan est agité, et les flots portent souvent des champs entiers de pierre-ponce, ou même cèdent, en bouillonnant, leur place à des îles nouvelles. Plusieurs circonstances font présumer qu'il y a quelques volcans dans l'intérieur du Groenland. Cette contrée glaciale éprouve des secousses de tremblemens de terre.

Le milieu de l'Océan Atlantique recèle un autre foyer volcanique : les Açores et les Canaries en ont éprouvé les effets. Le pic de Ténériffe, qui a 1,900 toises d'élévation, est le volcan le plus élevé de l'ancien monde. Il est très-probable que Lisbonne a dans son voisinage un volcan sous-marin.

Les Antilles renferment probablement un système entier des volcans ; on en connaît à la Jamaïque, à la Guadeloupe et à la Grenade.

Volcans épars.

On peut encore citer quelques volcans épars, ou qui appartiennent à des groupes peu connus. Tels sont le mont Elburtz en Perse, les volcans éteints de la Daourie, reconnus par *Patrin* ; peut-être quelques volcans au nord de la Chine ; enfin, celui qui s'est formé dans l'île de Fuégo, près le Cap-Vert, et ceux que les auteurs portugais indiquent dans la Guinée, le Congo et le Monomotapa.

Résultats généraux.

Il résulte de cet aperçu général de tous les volcans, que le plus grand nombre des volcans est dans le voisinage de la mer et dans les îles. Cependant il y en a beaucoup qui ne paraissent pas avoir de communication avec la mer. Un autre fait général, c'est que les cratères des volcans s'ouvrent dans toutes sortes de terrains granitiques, schisteux, argileux, primitifs ou secondaires ; mais rien ne nous éclaire sur une autre question bien plus intéressante, savoir dans quel terrain est le foyer de ces terribles feux. La solution de cette question tient à celle de l'origine du feu volcanique, laquelle a été discutée depuis bien des années, sans qu'on ait pu s'accorder.

Origine du feu volcanique.

Rouelle, *Desmarets* et d'autres savans, attribuent l'origine du feu volcanique exclusivement à l'inflammation des bitumes, des charbons de terre, des bois fossiles, de la tourbe.

Une explication plus généralement adoptée a été proposée par *Lemery*. Ce savant académicien attribua les phénomènes volcaniques à l'inflammation spontanée des pyrites. Par une expérience fameuse, il a rendu cette hypothèse très-probable. Il fit un mélange de 50 livres de limaille de fer et de soufre; il l'humecta et l'enfouit sous terre à une certaine profondeur; le mélange s'échauffa, et finit par s'enflammer avec explosion et commotion (1).

La plupart des naturalistes combinent les deux opinions, en regardant les pyrites comme le siége et la cause du feu volcanique; tandis que les vastes schistes bitumineux et charbonneux qui se trouvent souvent stratifiés dans les mêmes terrains, servent d'aliment au feu souterrain, qui s'éteint lorsqu'il ne trouve plus de quoi se nourrir (2).

Il reste toujours des difficultés. Les fragmens de granite que les volcans rejettent, et qui semblent indiquer la place de leur foyer sous le terrain primitif même; cette longue durée de l'activité de certains volcans; l'impossibilité que les terrains voisins puissent fournir à des éjections si copieuses sans s'excaver et s'écrouler; la force inconcevable avec laquelle ces matières pesantes sont lancées vers les cieux à des hauteurs énormes; à côté de cette force étonnante et de cette explosion subite, la nature particulière de la fusion volcanique, qui rarement va jusqu'à produire la vitrification, qui semble plus souvent cuire que brûler: voilà des circonstances qui font croire à beaucoup de naturalistes exercés dans ce genre d'observations, que les foyers des volcans se trouvent à une très-grande profondeur, et que leur activité est due à des causes plus générales, telles que

(1) Mém. de l'Acad., 1700. Cette expérience a été répétée en Hollande. *Journal de Physique*, 1794, cinquième cahier.

(2) *Bergmann*, Géographie-Physique, II, 214-220. *Pallas*, Observ. sur les Mont., p. 54. *Delamétherie*, Théorie de la terre, §§ 1011-1020.

l'électricité ou les gaz élastiques, enfermés dans le sein du globe (1). M. *Deluc* pense que le foyer des volcans est dans un certain résidu de fluide primitif, dans lequel, selon lui, la terre se forma, et que le feu volcanique est d'une nature chimique bien différente de celle de tous les feux connus (2).

Un phénomène terrible, intimement lié avec les éruptions volcaniques, demande notre attention. Je veux parler des tremblemens de terre, de ces mouvemens convulsifs qui ébranlent la surface de la terre, soit en suivant une direction *horizontale*, par des ondulations semblables à celles de la mer; soit *verticalement*, lorsqu'une partie du terrain est soulevée, l'autre engloutie; soit enfin *circulairement*, lorsque les masses pesantes des rochers et de terre se tournent comme sur un pivot. Telles sont les trois espèces de mouvement distinguées par les Italiens, qui s'y connaissent (3). Tremblemens de terre.

Les tremblemens de terre produisent les effets les plus désastreux; ils changent souvent la surface d'un pays de manière qu'il est difficile de le reconnaître. D'énormes crevasses semblent découvrir aux yeux des vivans l'empire des ombres; ces fentes exhalent des flammes bleuâtres et des vapeurs mortelles; avec le tems elles donnent naissance à des vallées nouvelles. En d'autres endroits, les montagnes sont englouties ou renversées; souvent détachées l'une de l'autre, elles glissent sur des terrains plus bas; et comme leur force d'impulsion redouble par chaque mouvement, ces rochers ambulans franchissent des vallons et des collines. Ici le vignoble entraîné descend de sa hauteur, et vient se placer au milieu des champs de blé; là, des fermes avec leurs jardins, détachées en masse, Tableau de leurs effets.

(1) *Dolomieu*, Journal de physique, an VI, p. 408. *Faujas Saint-Fond*, sur les volcans du Vivarais. *Id.*, Minéralogie des volcans. *Id.*, Essai de géologie, II, 402. (2) *Deluc*, Lettres à Blumenbach, etc.

(3) *Bertrand*, sur les Tremblemens de terre. *Dolomieu*, Memoires sur le tremblement de la Calabre. *Hamilton*, etc., etc.; *Bartels*, Lettres sur la Calabre.

viennent se joindre à des villages éloignés. Autre part, de nouveaux lacs sont creusés au milieu des terres ; là, des rochers, jusqu'alors invisibles, élancent soudain leurs humides sommets du sein de la mer écumante. Des sources tarissent, des rivières disparaissent et se perdent sous terre ; d'autres, arrêtées par les débris des rochers, se répandent et forment de vastes marais. Des sources nouvelles jaillissent des flancs déchirés de la montagne ; les fleuves naissans, dans leur jeunesse impétueuse, s'efforcent de se creuser un lit à travers les ruines des villes, des palais et des temples. L'humble cabane, ou la tente légère, devient l'asile des malheureux qui ont échappé à cette terrible catastrophe ; mais tous ceux qui auraient pu survivre ne l'ont pas voulu. On voit un ami trop fidèle tenir embrassé le corps de son ami, et, dans cette posture, attendre tranquillement la chute d'une muraille qui termine ses jours. On voit plus d'une jeune amante se précipiter dans le gouffre qui vient d'engloutir l'objet de sa tendresse. A Messine, une mère trop sensible était déjà sauvée du danger ; pâle, et à demi-morte, elle était dans les bras de son époux, qui avec beaucoup de peine l'avait rappelée à la vie. Elle jette autour d'elle un regard presque éteint ; elle cherche le plus jeune de ses enfans : hélas ! elle l'aperçoit sur le balcon du palais, qui déjà s'écroule. Elle veut s'élancer, son époux la retient ; mais l'amour maternel est le plus fort ; rien ne peut arrêter cette mère désolée : elle monte l'escalier, déjà à moitié détruit ; elle traverse la fumée et la flamme ; les pierres détachées qui tombent autour d'elle semblent la respecter. Elle atteint le cher objet de toutes ses affections ; elle le prend dans ses bras : au même instant, toutes les colonnades s'ébranlent, la terre s'entr'ouvre, le palais disparaît, et *Spastara* n'est plus !

Mort de la comtesse de Spastara.

Ce qui rend les tremblemens de terre encore plus terribles, c'est qu'on n'a point de signes sûrs qui en indiquent soit l'approche, soit la fin. Ils ont lieu dans toutes les saisons, et sous toutes les constitutions atmosphéri-

Présages des tremblemens de terre.

ques. Un bruit souterrain les annonce à la vérité; mais à peine est-il entendu, que déjà la terre s'ébranle. Les animaux, surtout les chevaux, les chiens et les poulets, montrent par leur frayeur une sorte de pressentiment (1). Le baromètre tombe extraordinairement bas.

Les tremblemens de terre agissent avec une rapidité étonnante. Ce fut une seule secousse qui, le 5 février 1783, bouleversa la Calabre et anéantit Messine en moins de deux minutes. Mais ces secousses se répètent souvent pendant des mois et des années entières, comme en 1755.

Direction des tremblemens.

La *direction des tremblemens de terre* est un des faits les plus remarquables de la géographie-physique. Tantôt on remarque un centre d'action, où les secousses font le plus de violence; et ce centre change quelquefois de place, comme si la force souterraine faisait des bonds: tantôt on distingue une certaine ligne selon laquelle cette force semble se mouvoir. La sphère d'une telle révolution semble souvent embrasser un quart du globe terrestre. Le tremblement de Lisbonne fut senti au Groenland, aux Indes occidentales, en Norwège et en Afrique. Celui de 1601 ébranla toute l'Europe et une partie de l'Asie. En 1803, on a ressenti des secousses presque simultanées à Alger, en Grèce, à Constantinople, à Bukarest, à Kiow et à Moscou.

Généralité de ce phénomène.

Aucune partie du globe ne semble être exempte de ces terribles effets. Les Alpes ne contiennent aucune trace volcanique, et cependant elles sont souvent ébranlées par des tremblemens de terre (2). La mine d'argent de Kongsberg en Norwège fut mise à découvert par une secousse en 1603. La zone glaciale même y est sujette; le Groenland ressent de fréquentes secousses, et, en 1758, la Laponie éprouva une violente commotion.

Souvent, mais non pas toujours, la mer prend part aux convulsions de la terre. En 1755, les eaux du Tage

(1) *Seneca*, Quæst. nat. VI, 1, 29.
(2) Collect. Acad., t. VI. *Delamétherie*, Théorie de la terre, § 1057.

s'élevèrent subitement à 30 pieds au-dessus de leur niveau ordinaire, et refluèrent dans le même instant avec une telle force, que l'on vit le milieu du fleuve à sec. Quatre minutes après, même phénomène; il se répéta jusqu'à trois fois. Des mouvemens semblables eurent lieu le même jour à Madère, à la Guadeloupe et à la Martinique. Dans le tremblement qui anéantit Lima en 1746, l'Océan eut un mouvement de même nature, mais proportionné à la masse d'eau qui fut ébranlée; il s'élança sur la terre pendant un espace de plusieurs lieues; tous les grands vaisseaux qui étaient dans le port de Callao furent engloutis; tous les petits bâtimens furent lancés au-delà de la ville. Les navigateurs assurent que les vaisseaux éprouvent souvent des ébranlemens terribles par un mouvement subit et convulsif dans la mer, fort semblable aux commotions qui secouent les continens. Ces tremblemens de mer ont peut-être lieu sans qu'il existe en même temps aucun tremblement de terre; d'autres fois ils sont l'effet des secousses sous-marines, dans le fond même de l'Océan.

Tremblemens de la mer.

Causes des tremblemens de terre.

Les causes de ces catastrophes ne sont pas bien connues. Il paraît qu'il y en a plusieurs d'une nature très-différente. Quelques petites secousses proviennent sans doute des abaissemens et des éboulemens souterrains; ce qui doit surtout avoir lieu après de grandes sécheresses. D'autres fois les secousses peuvent être produites par l'électricité terrestre et atmosphérique qui cherche à se remettre en équilibre; ces phénomènes, dont on ne peut guère contester la réalité, dépendent de la constitution temporaire des saisons. L'opinion la plus généralement reçue attribue les tremblemens de terre à des *vapeurs élastiques* renfermées dans les cavités souterraines; soit qu'elles proviennent des pluies abondantes ramassées dans les cratères des volcans, soit qu'elles se dégagent des matières enflammées avec lesquelles des fleuves souterrains ou les eaux de la mer se seraient mis en contact, soit enfin qu'elles se développent par la fermentation de ce fluide souterrain, que *Deluc* suppose être le résidu des eaux-

mères du globe. Ces vapeurs se dilatent par la chaleur, et, en cherchant une issue, elles soulèvent ou ébranlent le terrain (1).

Si cette dernière hypothèse est vraie, comme tout nous le fait croire, les Japonais n'auraient pas eu tort de dire que c'est un grand dragon sous-marin qui souleva la terre par son haleine. Une semblable tradition existe dans la mythologie des Scandinaves. C'est probablement dans ce sens-là qu'Homère a donné à Neptune l'épithète d'*Ennosigaios*, c'est-à-dire qui secoue la terre.

Nous n'avons pas cherché à diminuer l'effroi qu'inspirent les tremblemens de terre; mais nous devons pourtant contredire les écrivains systématiques qui ont exagéré les effets dans l'intention d'y faire voir la seule cause des révolutions arrivées à la surface du globe. Il n'existe aucun exemple historiquement prouvé d'une terre ou île considérable qui se soit formée par une éruption volcanique, ou par un tremblement de terre. Le soulèvement le plus considérable que l'on connaisse, est celui du terrain volcanique de *Jorullo*, dans le Mexique; il eut lieu en 1759: on vit, sur l'étendue d'une demi-lieue carrée, des flammes sortir de la plaine; des fragmens de rochers incandescens furent lancés à des hauteurs prodigieuses; et à travers une nuée épaisse de cendres, sillonnée par les feux volcaniques, on crut voir se gonfler la croûte ramollie de la terre. Du milieu du terrain soulevé, qui a jusqu'à 160 mètres d'élévation, sortent quelques milliers de petits cônes volcaniques, lançant de la fumée, et faisant entendre un bruit souterrain. Parmi ces petits volcans s'élèvent six grands volcans, qui ont de 400 à 500 mètres au-dessus de l'ancien niveau de la plaine. Strabon parle d'un terrain soulevé près de Méthone, en Grèce, à la hauteur de 7 stades, qui, en prenant le stade à 1111 au degré, forment encore plus de 700 mètres. On cite un volcan dans l'île de Timor, qui avait une élévation considérable,

Sur le soulèvement des terrains.

(1) *Deluc*, Lettres à Blumenbach, p. 164-184, édit. franç.

et qui, en s'écroulant tout entier, n'a laissé à sa place qu'un marais fangeux (1). Il résulte de ces exemples, et d'autres semblables, que les terrains soulevés ou engloutis par les forces volcaniques se bornent à ces masses de rochers incandescens ou scorifiés dont se forment les cheminées des volcans, et qui, rejetées par la bouche, retombent à l'instant même autour de l'orifice (2). Même les phénomènes de Jorullo se plient à cette théorie. C'étaient des milliers de petites cheminées volcaniques, qui, en se formant au même instant, présentaient l'aspect d'un soulèvement.

Des îles nouvelles volcaniques. Tout ce qu'on a dit des îles créées ou englouties par les volcans, se réduit donc au simple fait de l'existence des volcans sous-marins, qui tantôt forment, tantôt détruisent les bords de leur cratère. Nous développerons autre part cette observation générale, en traçant l'histoire de l'île de Santorin (3), l'exemple le mieux connu qu'il y ait de ces sortes de révolutions. Il est aisé d'en conclure que les îlots réellement créés ou détruits par des volcans, ne peuvent être que d'une très-petite dimension, et que les prétendues catastrophes de l'Atlantide et de la Frislande, dont nous avons d'ailleurs donné la véritable explication (4), ne sauraient être attribuées à des éruptions volcaniques par des hommes accoutumés à examiner avant de croire.

Éruptions boueuses. A côté des révolutions volcaniques, il faut placer les *éruptions boueuses*, phénomène qui, de tems en tems, a lieu dans les volcans, mais qui se présente encore isolé et dépendant de causes particulières. Le *Maccaluba* en Sicile est le plus fameux parmi les *monts terrivomes*, s'il nous est permis de créer ce terme nouveau ; dans l'état ordinaire on voit une fange semi-fluide bouillonner dans les entonnoirs qui terminent chaque monticule élevé sur cette montagne, ou plutôt sur cette colline argileuse. La fange s'élevant en demi-globes, retombe après avoir

(1) *Humboldt*, Essai sur le Mexique, 249-258. *Beroldingen*, Volcans anciens et modernes, I. (2) *Deluc*, Traité élémentaire de géologie, §§ 210-214. (3) Voyez notre vol. V, Description de la Turquie d'Europe.
(4) Voyez ce Précis, vol. I, p. 33, 76-78 et 397-400.

laissé échapper une bulle d'air; mais il y a des époques où, après une grande pluie, tous ces petits cratères disparaissent; la masse entière de la montagne fermente; on entend des tonnerres souterrains; une gerbe de boue et de pierres s'élance à 200 pieds de haut. Non loin de Bologne, plusieurs fondrières, appelées les *Salses*, présentent en petit des phénomènes semblables; elles se trouvent dans des tertres formés de terres salines et alcalines: on en a vu sortir de la fumée et des flammes (1). La Crimée et l'île de Taman qui en est voisine, renferment plusieurs collines d'où il sort des éruptions boueuses; on en a vu une lancer des flammes: dans les mêmes lieux vis-à-vis de la ville de Temruk, il s'éleva en 1799, du milieu de la mer, un îlot qui, après avoir lancé de la boue, des flammes et de la fumée, disparut sous les flots; enfin, sur une langue de terre vis-à-vis de la ville de Taman, il y a une colline nommée en tartare *Kouk-Obo*, qui, en 1794, éprouva une explosion terrible: une colonne d'un feu rouge pâle s'élança à près de 300 pieds de haut; la boue, mêlée de bitume, fut lancée à un quart de lieue de distance (2). La masse entière qui avait été rejetée, fut estimée à 100,000 pieds cubes; c'était, selon Pallas, de l'argile bleuâtre. Les *montagnes croissantes* qu'on trouve au pied du Caucase, près Bakou et près de l'embouchure du fleuve Kur, tiennent à la même classe: elles sont produites par des sources qui rejettent une boue argileuse saline; il s'est formé de cette manière des collines de 50 toises d'élévation (3). Les volcans eux-mêmes rejettent, quoique avec plus de violence, des matières en fusion aqueuse; ceux qui couronnent la chaîne des Andes aux environs de Quito, ne vomissent que peu de scories, mais une énorme quantité d'eau et d'argile, mêlée de carbone et de soufre (4). Ces exemples suffisent,

Les Salses.

Montagnes croissantes.

(1) *Dolomieu*, Voyage aux iles Lipari, *in fine*, Comp. *Spallanzani*, Voyages, V, 222-227, traduction de Toscan.

(2) *Pallas*, Voyage dans la Russie méridionale. (3) *Lerch*, Voyages cités par *Georgi*, Description de la Russie, I, 114. (4) *Humboldt*, Tableau des régions équatoréales, 130.

ce nous semble, pour faire sentir que, loin d'être un phénomène isolé et de peu d'importance, les éruptions des matières terreuses en fusion aqueuse sont encore aujourd'hui une des sources les plus remarquables des changemens arrivés à la surface du globe, et qu'elles ont probablement eu jadis une très-grande influence sur la formation de nos montagnes. Nous croyons pouvoir attribuer à une cause, sinon de cette espèce, du moins de ce genre, l'origine des roches coagulées connues sous le nom de *basaltes*.

Conclusion. C'est ainsi que tous les élémens s'arment pour s'entre-détruire. Et que sont pourtant ces révolutions que nous voyons, en comparaison de celles qui ont dû concourir à la création du monde, et qui peut-être un jour en amèneront la fin ? Ces astres, ces soleils sans nombre qui nous éclairent, ne peuvent-ils pas s'éteindre ? Cette voûte du globe qui nous porte, ne peut-elle pas s'écrouler sous nos pieds ? L'équilibre des mers ne peut-il pas être détruit, et les flots écumans ne rouleront-ils point un jour au-dessus de ces continens remplis des monumens de notre industrie ? La terre ne s'approchera-t-elle pas du soleil pour s'y engloutir comme une goutte dans l'Océan ? Ne s'égarera-t-elle pas dans des régions où la lumière et la chaleur affaiblies ne répandent plus aucun germe de vie ? Qu'il serait affreux d'exister au milieu de ces élémens perfides, au sein de ce périssable univers, sans la consolante idée d'une suprême intelligence qui enchaîne ou dirige à son gré les redoutables et aveugles forces de la nature ! La croyance à un ordre de choses supérieur à la matière, à un monde moral, peut seule nous fortifier contre les terreurs qui, de toutes parts, assiègent la frêle et précaire existence de notre être physique.

LIVRE QUARANTE-UNIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. Aperçu des Systèmes géologiques ou des opinions sur la formation du Globe.

Rien n'arrête l'essor de la curiosité humaine; en vain la terre, les eaux et les airs, en nous offrant mille difficultés insolubles, nous ont-ils rappelé l'impuissance de notre esprit : nous ne connaissons qu'imparfaitement ce qui existe, et nous osons rechercher comment tout a commencé à exister! Nous prétendons remonter de l'état présent de la terre à l'état qui l'a précédé, et ainsi, de suite en suite, jusqu'à l'origine du globe; nous voulons tracer l'histoire de la terre d'après des inductions et des analogies : quelle témérité! Dans le cours de cet ouvrage, on a vu que la géographie-physique ne peut pas s'empêcher de lier ensemble quelques faits qui se reproduisent souvent, et d'en tirer des conclusions générales; elle est même forcée quelquefois de présenter les faits d'une manière hypothétique, parce que les observateurs nous ont fourni leurs remarques sous cette forme. Mais la géographie-physique n'adopte ni n'affirme que ce qui est prouvé par l'expérience. Les systèmes géologiques, au contraire, ont pour but avoué d'expliquer la marche des révolutions inconnues, d'après des monumens souvent équivoques; ils se permettent de suppléer au silence des faits par des analogies; et ainsi, d'hypothèse en hypothèse, ils décomposent le globe et le recomposent, comme si ce vaste corps était un petit morceau de métal que le chimiste pût fondre dans son creuset. Nous allons prouver que cette prétendue science, ou la géologie spéculative, ne promet aucun résultat certain, dès qu'elle abandonne les faits, c'est-à-dire, dès qu'elle s'éloigne des sentiers de la géographie-physique.

But de la géologie.

D'abord, la partie du globe qui nous est connue n'est qu'une millième partie tout au plus de son volume entier. A peine nos fouilles effleurent-elles la terre; nos géologues n'ont guère vu avec attention qu'une moitié de l'Europe et la dixième partie de l'Amérique et de l'Asie; la masse des observations est infiniment petite, et cependant on accorde à la spéculation une sphère immense. Comment, vous ne savez pas si l'intérieur du globe est composé de météores analogues à ceux de sa surface, ou s'il ne contient qu'un amas de sable et de poussière? s'il brûle dans ses flancs un *feu central*, ou s'il s'y trouve de vastes cavernes, un grand abîme, un réservoir des eaux primitives; ou si peut-être tout le globe n'est qu'une sphère creuse, remplie d'air et de vapeurs? Vous ne savez rien de tout cela? vous avouez qu'on ne peut, par aucun raisonnement, soit astronomique, soit physique, ni prouver, ni réfuter aucune de ces opinions? Mais des forces inconcevablement puissantes et actives peuvent être recélées dans ce vaste espace inconnu, des forces telles que toutes les révolutions du globe ne seraient peut-être pour elles qu'un jeu passager.

Insuffisance des observations géologiques

Tant que l'intérieur du globe nous restera inconnu, les conclusions qu'on pourra tirer des faits observés à la surface n'auront qu'une probabilité relative à ces faits; mais, dès qu'on voudra les combiner pour en former un système général, leur incertitude paraîtra au grand jour; car, à côté d'une somme finie de probabilités, telles fortes qu'on les suppose, on verra s'élever une somme infinie de termes inconnus, dont peut-être un seul suffirait pour balancer toutes nos probabilités, ou pour les rendre superflues.

Valeurs des hypothèses en géologie.

En vain voudrait-on comparer les hypothèses géologiques à celles dont on fait usage dans l'astronomie, la physique et la chimie. La théorie de l'attraction, par exemple, est purement et simplement une manière d'énoncer un fait donné par l'observation; c'est une formule pour calculer les effets connus de certaines forces inconnues, sur

la nature desquelles on ne préjuge rien. Mais dans ces poëmes, qu'on appelle improprement *théories de la terre*, on ne se contente pas d'énoncer des faits, on en suppose. Il y a plus, on ne pourrait pas même énoncer les faits géologiques connus d'une manière mathématique, fussent-ils même prouvés; ils se refusent au calcul. Nous pensons aussi que la chimie et la vraie physique, bien loin de fournir des armes en faveur de la géologie, doivent au contraire désavouer les applications prématurées et trop généralisées qu'on a faites de quelques principes théoriques, dont les physiciens, et les chimistes même, ne se servent qu'en doutant. La physique peut se permettre de supposer, sans preuve complète, l'existence d'un fluide gravifique, calorique, électrique, magnétique, galvanique, lorsqu'elle en aperçoit les effets dans des expériences faites avec soin et exactitude; mais s'ensuit-il de là que la géologie spéculative puisse s'emparer de ces êtres encore hypothétiques, pour les employer comme s'ils étaient des agens parfaitement connus et entièrement soumis à ses ordres? Et si les géologues sont assez sages pour avouer qu'on ne sait absolument rien sur la part que les divers fluides éthériens ou atmosphériques ont pu prendre à la formation primitive de la terre, n'est-ce pas en même tems avouer l'impossibilité absolue où nous sommes de faire une histoire primitive du globe? La théorie des affinités chimiques ou des attractions moléculaires nous a fourni quelques idées justes sur la formation primitive des corps solides isolés; mais tant que la loi d'après laquelle ces attractions décroissent reste inconnue, et tant que l'on ne connaît ni les agens, ni les procédés que la nature emploie dans la plupart des cas, le chimiste ne pourra pas nous faire connaître positivement une seule opération individuelle de la force inconnue qui a produit ou qui anime et conserve cet univers; encore moins pourra-t-il saisir et suivre la chaîne immense de ses opérations, dont le dernier anneau est attaché au trône de la toute-puissance.

Abus de la physique et de la chimie.

L'argument le plus fort contre la possibilité d'une théo-

Rapports de la géologie avec la mécanique céleste.

rie de la terre, paraît être donné par la considération de cette admirable *mécanique céleste*, dont les lois immuables maintiennent les globes dans leur position respective et leur dépendance mutuelle. Il est difficile de concevoir dans ce système du monde, si bien prouvé par l'astronomie, un dérangement partiel qui n'influe sensiblement sur le tout ensemble. Or, la géologie spéculative ne vit que de dérangemens et de bouleversemens. Les changemens des pôles, les augmentations et diminutions du volume de la terre, les immenses enveloppes d'eau pour tenir toutes les substances terrestres en dissolution, le refroidissement, le dessèchement et tant d'autres grandes révolutions hypothétiques nécessaires dans la théorie de la terre, n'ont guère pu avoir lieu sans altérer l'équilibre établi par la gravitation universelle. Comme d'ailleurs tous les globes de notre système solaire sont évidemment des corps soumis à des lois uniformes, les théories de la terre doivent inévitablement dégénérer en des cosmogonies. Toutes les fois que des génies systématiques et supérieurs se sont occupés de spéculations sur l'histoire de notre globe, ils se sont vus forcés d'embrasser, dans leur vaste prévoyance, tout le système solaire; ils ont été entraînés dans des questions absolument hors de notre portée, telles que celles sur l'éternité du monde et sur la nature de la matière. Valait-il la peine d'entrer dans une carrière qui, nécessairement, aboutit aux espaces chimériques?

Telles sont les raisons qui nous semblent prouver *à priori*, l'impossibilité d'établir aucun système général sur la formation primitive du globe. Voyons si, en parcourant les divers systèmes proposés par les géologues, nous aurions lieu de nous repentir de notre sévérité.

Systèmes de géologie.

Presque toutes les opinions géologiques se rapportent à deux bases, l'une adoptée par les vulcanistes, l'autre préférée par les neptuniens.

Les vulcanistes.

Les premiers disent : la terre fut au commencement dans une fusion ignée; elle s'est refroidie, elle n'a été couverte des eaux que dans la suite. Les forces qui lui

donnèrent sa figure actuelle, furent l'air et le calorique, ou le feu. Les terres ont été soulevées par une force intérieure; les bouleversemens ont été occasionnés par des éruptions volcaniques. Les terrains de transport ont été formés par les débris des terrains supérieurs.

Les neptuniens assurent que la terre se trouvait dans une *dissolution aquatique et froide*, du moins jusqu'à une certaine profondeur. Les corps solides se formèrent par desséchement, par précipitation, par cristallisation, etc. L'Océan ancien s'est retiré, ou a disparu. Les terres se sont bouleversées, en s'affaissant par leur propre poids. Les terrains tertiaires se sont formés dans le sein des eaux. Les neptunistes.

Ces idées, plus ou moins développées et approfondies, diversement nuancées et mêlées, constituent la base de toutes les théories de la terre recueillies par le savant *Delamétherie* (1).

Les Egyptiens paraissent avoir tenu pour le système neptunien. Les eaux avaient, selon eux, couvert toute la terre; elles s'étaient enfouies dans les vastes cavités qu'ils supposaient exister dans l'intérieur du globe; ils croyaient qu'elles en pourraient ressortir un jour. Une grande île ou un continent, selon eux, s'était affaissé dans le sein des mers; ils le nommaient l'*Atlantide*. C'est Platon qui nous a transmis ces restes du système égyptien (2). Idées des Egyptiens.

Il paraît que les Hébreux et les Chaldéens avaient les mêmes idées que les Egyptiens, excepté que les Chaldéens croyaient à l'existence d'un fluide central, semblable à l'atmosphère, et qu'ils considéraient le globe comme ayant été deux fois couvert des eaux; d'abord par les eaux chaotiques, ensuite par un *déluge universel*. La cause de ce déluge était, selon les Chaldéens, *le changement de l'axe* du globe, produit par une attraction irrégulière des planètes supérieures. Chez les Hébreux, ce déluge figure comme un miracle opéré par la toute-puissance. Idées des Chaldéens et des Hébreux.

(1) *Delamétherie*, Théorie de la terre, t. V, p. 280-533.

(2) *Plato*, in Timæo. *Id.*, in Cratea. *Manethon*, Epit. natur. *Hecat.*, de Philos. Ægypt., lib. 1.

Les plus anciens écrits des Hébreux, attribués à leur législateur Moïse, nous ont conservé encore très-complétement une tradition intéressante dont les traces se retrouvent chez beaucoup d'autres peuples, savoir, celle de *six époques* géogoniques ou d'une formation successive du globe. Si les Hébreux parlent de *six jours*, et les Etrusques de *six mille ans*; si les Indiens ont étendu ces époques à des millions d'années, cela ne change rien au fond de l'idée; et ces expressions, toutes contradictoires qu'elles paraissent, ne sont que des tournures diverses du langage poétique et prophétique des peuples anciens. M. *Deluc*, dont la foi chrétienne n'est pas suspecte, n'a jamais cru pouvoir expliquer le système géogonique de Moïse autrement qu'en prenant le mot *jour* dans un sens figuré, pour une époque quelconque. Tout théologien instruit sait que, pour expliquer les prophètes hébreux, et surtout Daniel, on a recours à la même méthode d'interprétation (1).

Tradition mosaïque.

On s'aperçoit facilement que ces systèmes neptuniens sont nés dans les *pays nouveaux* qui ont été formés par la retraite lente ou subite de la mer, tels que l'Egypte, la Chaldée, les bords du golfe Arabique. Quant aux déluges universels, survenus après le premier dessèchement du globe, il est remarquable qu'on les représente la plupart du temps comme *subits* et de *peu de durée*. On ne voit pas comment de semblables révolutions auraient pu s'opérer, à moins d'adopter l'idée que le globe terrestre soit creux dans son intérieur, et que les terres s'y soient enfoncées. Ainsi, la formation des montagnes par affaissement a dû nécessairement faire partie de tous les systèmes géogoniques qui procèdent par la voie humide.

Le système volcanique paraît également être né chez

(1) Comp. *Deluc*, Lettres à Blumenbach, 1798. *Id.*, Traité de géologie, 1809. La Géogonie, en 2 volumes, en allemand, par *Silberschlag*, Berlin, 1780, contient une très-bonne explication du système mosaïque, regardé du point de vue historique. Le célèbre orientaliste *Eichhorn*, à Gottingue, l'a expliqué sous le rapport poétique. Voyez son *Répertoire de littérature-biblique et orientale*, tome IV.

quelques nations orientales; car ceux des Grecs qui le professaient avaient puisé leur instruction dans l'Orient. A ce système appartient l'hypothèse du *soulèvement des montagnes*, à laquelle quelques prophètes hébreux, bien postérieurs à Moïse, semblent avoir fait allusion.

Belus, législateur assyrien, paraît avoir admis que la terre se trouve périodiquement dans un état de conflagration universelle et dans celui d'une inondation générale (1). Suivant un passage de Trogue-Pompée (2), les deux systèmes qui attribuent l'origine du monde au feu et à l'eau partageaient les suffrages des philosophes de l'Orient. Ceux qui adoptaient le premier pensaient que la terre s'était successivement refroidie, en commençant par les pôles : leurs antagonistes soutenaient que la mer s'était retirée peu à peu. Vulcanistes d'Asie.

Les idées des Orientaux fournirent aux Grecs le fond sur lequel ils ont brodé toutes leurs rêveries géogoniques. *Thalès* apporta d'Egypte le système neptunien, qui fut probablement celui de tous les anciens poëtes et théologiens grecs. *Homère* semble l'adopter (3). Aristote et Plutarque indiquent les raisons sur lesquelles ces anciens neptuniens se fondaient; elles se réduisent à une seule, savoir, que l'on voit les animaux, les plantes et même le feu naître de l'humidité (4). Ces anciens philosophes n'étaient-ils pas aussi avancés que nos géologues modernes, lorsque ceux-ci disent qu'une dissolution aquatique a seule pu tenir en dissolution tous les corps solides, liquides et fluides, dont la réunion compose le globe et son atmosphère? Systèmes neptuniens des Grecs.

Les tableaux que Lucrèce, Virgile et Ovide nous tracent de la première formation du globe terrestre, renferment toutes les idées principales des théories neptuniennes

(1) *Berosus*, ap. *Senec.*, Quæst. nat., III, cap. 29. (2) *Justin*, Hist. epit., lib. II, cap. 1. *Cicer.*, de Nat. Deor., I, quæst. acade ... IV. *Sen.*, Quæst. nat. III, 13. (3) Iliad. XIV, 246.

(4) *Aristote*, Métaphys., lib. I, cap. 3. Comp. *Id.* Météorol., I, 14. *Plut.*, de placitis philosophorum, l. I, c. 3.



modernes; dissolution dans un vaste fluide ou dans le chaos, précipitation chimique par attraction ou affinité, précipitation mécanique par sédiment, enfin, coagulation et consolidation.

S'il y a eu des vulcanistes purs en Grèce.

Le nombre de philosophes grecs qui attribuaient exclusivement au *feu élémentaire* l'origine de la terre ne paraît pas avoir été considérable; car on ne saurait affirmer que telle fut l'opinion de Pythagore, quoiqu'il regardât l'âme de tous les êtres comme une parcelle du feu divin. L'obscur Héraclite dit le premier que « le » feu a tout formé et peut tout dissoudre (1). » Les stoïciens, selon Cicéron, auraient partagé cette opinion; mais Sénèque déclare, au contraire, qu'ils regardaient l'eau comme le principe du monde. Au surplus, quand Héraclite disait « que la terre était le sédiment le plus » épais du feu, que l'eau était de la terre dissoute par le » feu, et l'eau vaporisée formant l'air (2), » il est évident qu'il ne pensait point au système des vulcanistes : il ne faisait que composer une philosophie corpusculaire générale.

Philosophie des atomes.

Il en fut de même à l'égard de ceux qui créaient la terre et le monde en général par le concours de molécules ou *atomes* épars dans le vide. Dans les *atomes* de Démocrite et d'Epicure, qui s'attachaient l'un à l'autre au moyen de quelques petites inégalités de figures, lesquelles faisaient, pour ainsi dire, fonction de crochets, dans les *corpuscules qui s'aiment* et qui s'attirent en vertu de leur nature semblable (3), on croit voir toutes les bases de notre théorie des affinités chimiques, et par conséquent de nos géologies les plus modernes et les plus vantées. La réunion des atomes est bien évidemment la même chose que l'*attraction simple* des molécules; et si l'on dit : Ces corpuscules aiment à se réunir, parce qu'ils sont d'une nature semblable; ou : ces molécules tendent à se

(1) *Dio. Laert.*, lib. 9. *S. Justin.* Parœnet. ad Græcos. *Stob.*, Physic. eclog. I, c. 13. (2) *Plut.*, de Placit. philosoph., I. (3) « Parcsque cum » paribus jungi res, etc. » *Lucret.*

réunir par une *attraction élective*, toute la différence ne consiste que dans un peu plus ou moins de précision dans les termes.

Système d'Anaximènes.

L'idée de Franklin, qui fait tout naître de l'air, avait été proposée par Anaximènes de Milète, dont les opinions sont sans doute défigurées par les esprits bornés qui l'accusent d'athéisme (1).

Système de l'écoulement des lacs.

Les Grecs ne se bornèrent pas à ces systèmes généraux; ils se formèrent des hypothèses plus positives, fondées sur les faits qu'offrait la géographie-physique des contrées alors connues. L'écoulement des lacs ou étangs marécageux qui couvraient la Thessalie avant la formation, ou plutôt avant l'agrandissement de la vallée de Tempé (2), fit naître l'idée que toutes les méditerranées, et spécialement le Pont-Euxin, avaient été originairement des lacs fermés auxquels des révolutions violentes avaient ouvert une issue. *Xanthus* et *Straton* ayant observé que le sol de la Haute-Asie renfermait des coquillages de mer, en conclurent avec beaucoup de raison que ces contrées avaient été couvertes d'eaux marines (3); mais lorsque Straton prétend expliquer ce phénomène commun à tout le globe, par une cause locale, par l'existence d'une ancienne méditerranée formée de la réunion du Pont-Euxin avec la mer Caspienne, il tombe dans une de ces fautes de logique qui semblent comme héréditaires dans la prétendue science géologique. Nous prouverons, dans l'endroit convenable, qu'une semblable méditerranée n'a point existé depuis le commencement des tems historiques. De même que les grandes révolutions causées par les débâcles des grands lacs et des mers intérieures paraissent absolument antérieures à l'existence du genre humain, les déluges, causés par le dérangement de la mer, appartiennent à un âge que l'histoire ne connaît point. La considération des

(1) *Plut.*, de Placit. *Stob.*, l. c. *August.*, de Civ. Dei, VIII, 2. *Cic.*, de Nat. Deor., I. (2) *Hérod.*, VII, 129, 130. *Strab.*, IX, 667. Almel. *Lucan.*, VI, 364, etc., etc. (3) *Strab.*, Géogr., I, 35. Alm.

débris d'animaux met ces vérités hors de doute (1). Mais la Grèce, par la nature de son sol, dut éprouver beaucoup d'éboulemens et d'excavations, par conséquent beaucoup d'inondations particulières : le *déluge de Deucalion* désola la Thessalie, et spécialement le canton montagneux nommé *Hellas* (2) ; celui d'*Ogyges* bouleversa la Béotie (3). Naturellement, les traditions populaires rattachèrent à ces catastrophes, qui avaient frappé des provinces entières, chaque ancienne inondation dont le souvenir s'était conservé dans quelque canton. Ainsi, un seul *entonnoir*, peu considérable, fut montré dans l'Attique comme monument du déluge de Deucalion : c'était par-là, disait-on, que s'étaient écoulées toutes les eaux de cette inondation (4). Douze ou quinze siècles après l'époque assignée à ces événemens, des historiens sont venus rassembler ces traditions éparses et en composer les brillans tableaux de prétendus déluges universels, inconnus aux auteurs plus anciens (5). D'autres écrivains grecs, peu satisfaits de ces débâcles, de ces irruptions et déluges, inventèrent l'hypothèse du desséchement successif de la mer. Aristote leur objecta qu'ils tiraient des faits authentiques une conclusion fausse : « Il est vrai, disait ce grand » naturaliste, que plusieurs contrées, jadis couvertes » d'eau, sont maintenant réunies au continent ; mais le » contraire arrive aussi : la mer a fait plusieurs irruptions (6). » L'hypothèse des atterrissemens fut aussi proposée : Polybe s'imagina que le Pont-Euxin se comblerait par la vase qu'y apportent les rivières (7) ; mais deux mille ans n'ont point suffi pour réaliser cette prophétie géologique. Le fleuve Pyramus de Cilicie n'a pas non plus porté ses atterrissemens jusqu'aux rivages de Chypre, comme l'avait annoncé un oracle. Enfin, pour

Déluges de Deucalion et d'Ogyges.

Hypothèse du desséchement de la mer, et autres.

(1) Voyez ci-dessus, Liv. XXXIV. (2) *Apollod.*, I, c. 7. *Arist.*, Météorol. I, 14. (3) *Varro*, de R. R., III, Comp. *Fréret*, Mémoire sur les déluges d'Ogyges et de Deucalion. *Académie des Inscriptions*, t. XXIII, p. 129. (4) *Pausan.*, I, cap. 18. (5) *Diod.* V, 49. *Lucian.* de Dea Syria. *Plut.*, de Solert. anim. (6) *Arist.*, loc. cit.

(7) *Polyb.*, Hist. l. IV, cap. 40-42. Édit. Gronov. I, p. 428-433.

achever de parcourir le cercle des systèmes géologiques, plusieurs Grecs attribuèrent aux éruptions volcaniques des effets plus considérables que ceux dont nous avons des témoignages historiques. Strabon pense qu'elles peuvent soulever et engloutir des contrées entières, et il cite pour preuve deux bourgs du Péloponèse abîmés à la suite d'un tremblement de terre (1).

Ainsi, toutes les idées de la géologie moderne germaient déjà dans la tête des Grecs; c'était la même méthode de confondre des faits appartenant à diverses époques, d'exagérer les phénomènes et de tirer des conclusions générales d'un fait purement local.

Idées de Palissy. A. 1581.

Parmi les modernes, *Palissy* annonça le premier des idées saines sur les coquillages fossiles; il réclama contre le préjugé qui n'y voulait voir que des jeux de la nature : il osa même soutenir que ces débris fossiles d'animaux marins étaient trop abondans pour avoir pu être apportés dans les lieux où ils se trouvent par un déluge instantané comme celui dont Moïse nous a conservé le souvenir (2). Ces vérités étaient trop fortes pour le siècle où vivait Palissy : elles furent mal appréciées. *Stenon* les démontra de nouveau, et partant de cette base, il reconnut que les couches de la terre ont dû être formées comme des sédimens dans un fluide, et que les montagnes doivent leur origine à l'affaissement et aux ruptures des couches originairement horizontales (3).

Idées de Stenon. A. 1669.

Système de Burnet. A. 1681.

L'Anglais *Burnet*, homme de beaucoup d'esprit, mais qui n'avait pas observé les phénomènes, créa le premier une théorie complète. Avant le déluge, dit-il (4), la surface de la terre était plane, sans montagnes, sans vallées. Toutes les matières s'étaient disposées autour du centre du globe, conformément à leur pesanteur : l'eau surnagea de toutes parts. Cependant, des matières huileuses, plus légères que l'eau, formèrent peu à peu une dernière

(1) *Strab.*, I, 54. Edit. de 1620. (2) Encyclopédie méthod. Géographie-Physique, I, art. *Palissy*. (3) *Stenon*, Dissert. de solido intra solidum. (4) Theoria telluris sacra, etc. Londres, 1681.

couche qui enveloppait les eaux et tout le globe. Sur cette croûte, extrêmement fertile, vivaient dans un printems perpétuel les générations anté-diluviennes. Le déluge fit tout changer de face; la croûte se dessécha, et les eaux accrues firent des efforts contre cette enveloppe légère : elle creva, et s'écroula dans l'abîme des eaux. Sa chute fit changer l'axe du globe, et par conséquent la température des climats. Les bords redressés de la croûte formèrent nos montagnes. Il n'est pas nécessaire de démontrer à nos lecteurs combien ce système, puisé dans la seule observation des îles flottantes, est peu suffisant pour expliquer la naissance de ces lourdes et dures roches dont se composent les montagnes.

Descartes. A. 1670. Leibnitz. A. 1683. *Descartes* (1) et *Leibnitz* (2) prirent un essor plus audacieux; la terre, disaient-ils, est un petit soleil qui s'est couvert d'une croûte opaque, laquelle, en s'affaissant, a donné naissance aux montagnes. Leibnitz considérait toute la masse du globe comme ayant été vitrifiée; idée insoutenable, dont Buffon s'est pourtant emparé.

Système de Whiston. A. 1708. Un autre système arbitraire fut proposé par l'Anglais *Whiston* (3). Cet astronome regarde la terre comme une comète qui aurait quitté sa marche primitive, par une cause qu'il n'indique point, pour prendre la marche circulaire d'une planète. N'étant plus sujette à des alternatives d'un extrême échauffement et d'un extrême refroidissement, la matière chaotique de l'ex-comète se précipita selon les lois de la pesanteur spécifique. Une partie de la chaleur primitive de la comète se conserva dans son centre : ce centre était entouré d'eau, la croûte extérieure du globe était d'une fertilité extraordinaire, et les hommes vivaient plusieurs siècles; mais la trop grande chaleur leur échauffait trop le sang : ils devinrent si impies, que le Créateur n'y vit pas d'autre remède que de les noyer. A ce dessein, il fit venir une autre comète qui enveloppa la terre dans sa queue immense; or, comme une queue

(1) Principes de philosophie, part. IV, n° 2. (2) *Protogæa*, in Act. erud., 1683. (3) A new Theory of the earth. Londres, 1708.

de comète est composée de vapeurs et d'eau, (qui oserait en douter?) la terre fut considérablement rafraîchie. D'ailleurs, l'attraction de la comète troubla l'équilibre des eaux intérieures; il y eut dans ces eaux un violent flux et reflux : la croûte extérieure de la terre, ébranlée dans ses fondemens, s'écroula dans un endroit, se fendit dans un autre; voilà comme quoi le déluge universel arriva. La comète exécutrice de la volonté du Créateur s'en alla; les eaux, reprenant leur équilibre, rentrèrent dans les cavités souterraines, lesquelles avaient été assez élargies pour recevoir les eaux de la comète. La froideur, et autres mauvaises qualités de ces eaux, ont réduit la terre à ce degré de stérilité et d'épuisement où elle se trouve aujourd'hui.

Cette hypothèse de Whiston a été souvent renouvelée en tout ou en partie. Dolomieu y a puisé ses principales idées.

Un compatriote de Whiston, un observateur infatigable et scrupuleux, *Woodward*, composa une théorie bien plus modeste (1). Il admet que toutes les substances terrestres ont été dans une fluidité aqueuse. Comme il faut pour cela une grande masse d'eau, il suppose que tout l'intérieur du globe n'est qu'un grand abîme d'eau. Le déluge de Moïse consista dans un écroulement de la croûte du globe dans ce grand abîme, dont les eaux, selon Woodward, eurent une force dissolvante toute particulière, laquelle cependant n'agit point sur les coquillages et les autres restes du règne animal. On voit que l'esprit observateur de Woodward lui faisait sentir qu'il est impossible d'expliquer par une seule inondation passagère la position de tant de couches de coquillages au milieu de bancs pierreux. Mais sa *force dissolvante* est, comme il en convient lui-même, une qualité occulte et miraculeuse. Un savant allemand, *Camerarius*, en attaquant Woodward, émet l'opinion, aujourd'hui démontrée, que les bancs de coquillages n'ont jamais été transportés ni pu l'être par un déluge quelconque, et qu'au contraire les animaux aux-

Système de Woodward. A. 1708.

(1) *Woodward*, an Essai toward the natural history of the earth, 1723.

quels ils doivent leur existence, ont vécu et sont morts dans l'endroit même (1). Il est vrai que Camerarius exposa cette opinion d'une manière très-confuse. En lui répliquant, Woodward avança la vérité que les éruptions volcaniques n'ont point donné naissance à aucune montagne considérable, encore moins à des îles et contrées entières (2).

Tournefort. A. 1700. Nous ne parlerons point de la végétation des pierres qu'avait rêvée le célèbre *Tournefort*, ni de quelques propositions isolées de *Scheuchzer*, dont le grand génie observateur était enchaîné par les préjugés qui attribuaient tous les changemens du globe à un *seul* déluge. Le spirituel *Fontenelle* a eu le mérite de dire le premier qu'il a certainement fallu plusieurs révolutions pour modeler la surface du globe et pour amonceler ces vastes ruines qui nous environnent de toutes parts.

Scheuchzer. A. 1700.

Fontenelle. A. 1716.

Le système volcanique trouva, à cette même époque, plusieurs défenseurs ardens et habiles, que l'on aurait tort de passer sous silence. *Ray* croyait qu'au moment même de la création, lors de la séparation des substances humides et solides, il y eut des tremblemens de terre qui soulevèrent les montagnes. La terre sortit peu à peu des eaux de la mer, ce qui donna aux animaux marins le tems de déposer leurs dépouilles au sein de la mer (3). *Hook*, en supposant l'origine primitive des couches par la voie de sédiment dans un fluide, admettait des éruptions volcaniques assez fortes pour soulever de vastes terrains, et même pour les fondre et les calciner (4). *Lazaro Moro*, en observant qu'il y a des montagnes qui n'offrent ni débris de corps marins, ni indice de stratification (5), attribuait à toutes les montagnes secondaires une origine volcanique ; ce sont, à ses yeux, des coulées de lave qui ont pris naissance

Idées de Ray. A. 1693.

Hook. A. 1705.

Lazaro Moro. A. 1740.

(1) *Camerarius*, in Dissert. Taurinens., p. 226, Tubing., 1712.

(2) Natural history of the earth, enlarged and defended, etc., p. 115 *sqq.* Londres, 1726. (3) *Ray*, Three physico-theological discourses, p. 164. Londres, 1693, 2ᵉ édit. (4) *Hookii*, Oper. posthum., 299-310. Edit. Lond., 1705, in-folio. (5) *Laz. Moro*, de l'Orig. des coquillages fossiles, ch. 12 et 13 (1740).

sous les eaux. En modifiant et combinant ces diverses idées, le savant *Raspe* en composa sa théorie volcanique de la naissance des îles nouvelles, ouvrage souvent copié avec inexactitude par des vulcanistes célèbres (1). Système de Raspe. A. 1763.

Ces divers systèmes s'éclipsèrent devant celui que créa *Buffon*, et auquel sa plume brillante donna tout l'éclat d'un poëme. Ce grand écrivain suppose que les soleils et les comètes ont été produits comme nous les voyons, et avec les forces nécessaires pour leur faire parcourir leurs orbites. Mais il y a 96,000 ans qu'une comète tomba obliquement dans le soleil, et en détacha la 650e partie. Toute cette masse, lancée dans l'espace, se divisa et forma toutes les planètes de notre système solaire, qui, par le mouvement de rotation, acquirent une figure sphéroïdale. Notre globe était dans un état d'incandescence, mais sa surface se refroidit et se consolida; il s'y forma toutefois des cavités immenses. Une partie des vapeurs qui s'étaient élevées dans l'atmosphère, se condensa et forma les mers. Ces eaux attaquèrent la partie solide du globe, et en décomposèrent une portion : c'est ainsi que se formèrent les terres et les pierres. Les eaux de l'Océan, attirées vers l'équateur par les marées, y entraînèrent une grande quantité de substances dissoutes; c'est ainsi, dit Buffon, que naquirent les grandes chaînes de montagnes, dirigées d'orient en occident. Malheureusement, ces chaînes n'existent point; la grande rangée de montagnes qui environne le globe, a une autre direction (2). Buffon s'est donné le tort d'expliquer, par une supposition invraisemblable en elle-même, un fait absolument imaginaire. Mais continuons à exposer sa théorie. Les eaux primitives du globe s'enfuirent dans les cavités dont on a déjà parlé; alors les continens parurent. La terre, dans l'espace de 43,000 ans, se refroidit au point que les végétaux et les animaux purent vivre à sa surface. Ces êtres naquirent Système de Buffon. A. 1745.

(1) *Raspe*, Specimen historiæ naturalis globi terraquei præcipuè de novis è mari natis insulis. Leipzik, 1763. (2) Ci-dessus, L. XXIX, p. 183.

vers le pôle, et se répandirent successivement vers les régions équatoréales. Les couches secondaires se formèrent par la décomposition de la matière vitrifiée, mêlée des sédimens marins; des causes accessoires, les vents, les courans d'eau, les éruptions volcaniques et les tremblemens de terre, modelèrent ensuite les montagnes et les vallées. L'Océan change lentement ses rivages, en attaquant, par son mouvement général, les côtes orientales qu'il détruit; il a, de cette manière, pu faire plusieurs fois le tour du globe (1).

Géologie moderne.

Le système de Buffon, réfuté dans ses points principaux par des naturalistes observateurs, ne compte plus de partisans, même parmi ceux qui regardent le feu comme l'agent principal qui a formé notre globe. On regarderait aujourd'hui comme une folie, toute hypothèse qui tendrait à expliquer la première origine de notre globe, et la manière dont il a été lancé dans l'espace. La géologie ne cherche plus qu'à remonter, par l'examen des monumens physiques, d'une époque à une autre, jusqu'à ce qu'elle arrive à un état de choses antérieur à tous les monumens (2). En même tems, les faits augmentés dans une proportion immense ont conduit les hommes éclairés de tous les partis à n'exclure aucune cause particulière (3); principe qui a amené, du moins en partie, une fusion des divers systèmes, et une tolérance mutuelle pour des opinions qui prétendent plus à une domination exclusive.

Théorie de Deluc. A. 1770-1810.

La théorie la plus fortement soutenue et la plus vivement contestée de cette époque moderne, est celle de M. *Deluc*. Ce savant suppose que la terre et tous les corps célestes étaient des masses d'élémens confus, dans lesquels une volonté divine, en leur communiquant une certaine quantité de *lumière*, fit naître les précipitations chimiques par lesquelles se formèrent les croûtes des roches solides dont nous voyons les fragmens. Cette croûte consolidée s'affaissa

(1) *Buffon*, Théorie de la terre, dans le 1er volume de son Histoire Naturelle. Paris, 1745. (2) *Deluc*, Élémens de géologie, § 10, p. 11.
(3) *Delamétherie*, Théorie de la terre, § 1700.

plusieurs fois; ses bords qui sont restés appuyés sur les cloisons de cavernes souterraines, formèrent les montagnes. Les eaux, qui d'abord couvraient le globe entier, s'infiltrèrent dans les parties centrales où subsista toujours l'ancien chaos. Alors parurent les premiers continens, plus étendus que les nôtres, mais suspendus au-dessus des immenses cavernes. Le soleil ne les éclairait pas encore lorsqu'il y naquit des végétaux d'une nature différente des nôtres; leurs débris forment nos houillères. Les continens actuels, cachés sous la mer, se couvrirent de dépôts de coquillages; les éruptions volcaniques y répandirent des couches de laves. Par un grand et dernier affaissement, les continens primitifs s'écroulèrent au sein des cavités souterraines; la mer se précipita sur ces terres, et engloutit dans ses profondeurs les générations qui les habitaient; cette catastrophe est le *déluge universel*, décrit par Moïse, et dont on a cru retrouver le souvenir chez beaucoup de nations. C'est alors que parurent soudain à la face du jour nos continens actuels, formés sous la mer. Dans les terrains meubles de nos continens, se trouvaient ensevelis pêle-mêle les restes de quadrupèdes qui avaient habité des îles écroulées avant le déluge universel, et les débris des cétacés qui avaient peuplé la mer. La conservation de ces restes qu'on trouve encore presque entiers dans les pays froids, et le peu d'épaisseur des couches de terre végétale formée au-dessus de nos continens, concourent à prouver que leur antiquité, ou, pour mieux dire, leur apparition au-dessus des eaux, ne date point des siècles extrêmement éloignés de nous (1).

Explication du déluge universel.

Telle est la théorie du célèbre naturaliste de Genève. L'idée principale de ce système, celle de plusieurs affaissemens de la surface du globe, et plusieurs détails, surtout ceux qui regardent l'origine des restes d'animaux, ont réuni les suffrages des savans. On trouve quelques diffi-

(1) *Deluc*, Lettres sur l'histoire de la terre, adressées à M. Blumenbach. *Id.*, Elémens de géologie.

cultés à concevoir les vastes cavités dans lesquelles le monde anté-diluvien a dû s'engloutir; il semble que cette idée, empruntée de Woodward, n'a été introduite dans la théorie que par le désir d'expliquer le déluge.

Divers naturalistes, qui tous admettent avec Deluc que la terre s'est formée dans un fluide aqueux, diffèrent sur le rang qu'ils assignent aux agens qui ont opéré les révolutions et les ruptures de la croûte du globe. *Saussure* s'est quelquefois exprimé comme s'il admettait des soulèvemens du terrain par le feu volcanique « ou par d'autres » fluides élastiques, » afin d'expliquer comment les couches granitiques qui servent de base à toutes les autres ont été élevées, en certains endroits, au point de former les crêtes de montagnes (1). Mais l'idée qu'il a le plus constamment soutenue, c'est celle des courans très-violens qui, en agitant l'ancienne mer, ont entraîné à de grandes distances les débris de roches primaires, surtout du granite que l'on trouve épars à la surface des terrains secondaires, et même tertiaires (2). Il est difficile de concevoir des courans doués d'une force capable de rouler au loin des pans entiers de montagnes, même en supposant les vallées comblées et formant un plan incliné. Il est plus naturel d'attribuer le phénomène dont il s'agit, aux glaces marines qui ont pu porter ces débris de montagnes à travers l'ancienne mer.

Idées de Saussure. A. 1770-1786.

Le célèbre *Werner*, en attribuant aux affaissemens une grande influence, pense pourtant que divers faits, entre autres le gisement des basaltes, ne s'expliquent que par une hausse et baisse périodique de la masse des élémens fluides.

Idées de Werner. A. 1791.

Lorsque *Pallas*, pour expliquer la présence des débris d'éléphans en Sibérie, fait déborder toute la masse de l'Océan Indien qui, selon lui, aurait couvert et traversé le plateau central de l'Asie, en roulant du sud-est au nord-ouest, c'est par des éruptions volcaniques et des tremble-

Idées de Pallas. A. 1791.

(1) *Saussure*, Voyage dans les Alpes, § 919. (2) *Id.*, *ibid.*, §§ 587-1596, etc.

mens de terre qu'il veut produire un mouvement si extraordinaire et si inconcevable (1).

Le savant et laborieux *Delamétherie* a composé une théorie très-circonstanciée, très-riche en faits et en idées, dans laquelle il cherche à ramener les révolutions du globe à des lois chimiques, sans pourtant dédaigner les causes mécaniques. Toutes les montagnes, toutes les vallées se sont formées par cristallisation dans un immense fluide, dont ce chimiste se débarrasse au moyen de l'évaporation, parce qu'il s'est décidé à regarder la masse centrale du globe comme un cristal solide.

Théorie de Delamétherie. A. 1798.

L'opinion de Deluc, sur l'antiquité peu reculée de nos continens, a été adoptée par un grand observateur qui, sans faire de système, a lancé dans le monde savant des idées isolées, mais fécondes en résultats. *Dolomieu*, ce nous semble, ne tendait guère qu'à épurer le système de Whiston de ce qu'il y avait de trop hypothétique. Toutes les bases géologiques de ce savant, la dissolution de toutes les substances terrestres dans un dissolvant qui a été détruit; la coagulation de ces substances qui, après la destruction du dissolvant primitif, se précipitèrent et se cristallisèrent pour former une écorce; la *cause extérieure quelconque*, qui vient briser et concasser cette écorce; enfin, les *marées de dix-huit cents toises d'élévation*, qui remuèrent toute la masse des eaux, balayèrent le fond des mers, soulevèrent et transportèrent des bancs de coquillages, creusèrent les vallées, et modelèrent tout le terrain secondaire; toutes ces bases, dis-je, existent déjà dans le système de Whiston. Il est même difficile de concevoir la possibilité de toutes ces révolutions violentes et subites, sans la concurrence d'un corps céleste quelconque; or, comme tout prouve la stabilité du système planétaire, il n'y a que les comètes auxquelles on puisse avoir recours. Mais ces comètes, comment prouver qu'elles sont des corps assez solides et assez denses pour exercer

Conjectures de Dolomieu. A. 1794-1800.

(1) *Pallas*, Observ. sur l'origine des montagnes, p. 74, trad. franç.

de si fortes attractions sur le globe terrestre ? Tycho, Galilée, Kepler, Lahire et Herschel, ont regardé les comètes comme des météores éthéréens. Ainsi, les théories de la terre aboutissent toujours, en dernier lieu, à des questions insolubles; et tout ce qu'on apprend, en les étudiant, c'est d'en douter.

Système de Hutton et de Playfair.

« D'en douter ! s'écrieront quelques Ecossais en lisant ces lignes. Non, il n'y a plus lieu à des doutes, depuis que MM. Hutton et Playfair ont découvert la vraie constitution de notre globe. Ne savez-vous pas que les continens actuels se détruisent par les actions de l'air, de la gravité et des eaux courantes; que leurs matériaux, transportés sur les côtes, de celles-ci, sont répandus par les différens mouvemens de la mer sur toute l'étendue de son fond; qu'une grande *chaleur interne* endurcit ces matériaux dont il résulte une masse semblable à celle des couches minérales dont nos continens sont composés; que, lorsque cette lente dégradation a détruit nos continens, la *chaleur interne* soulève en masse les couches formées sur le fond de la mer; ce qui repousse la mer sur les continens rasés et produit de nouveaux continens, livrés à leur tour à une lente dégradation? Ces alternatives de continens naissans et périssans ont déjà été répétées plusieurs fois, et on ne peut point fixer un terme à cet enchaînement de métamorphoses (1). »

Nos lecteurs sentiront d'eux-mêmes combien ce nouveau système est contraire à l'évidence des faits; seulement nous les prierons d'observer que l'idée d'une formation des couches minérales par une cuisson souterraine semblable à celle qu'a opérée M. Hall dans ses fameuses expériences, mériterait d'être approfondie d'une manière indépendante du système exclusif des Huttoniens.

Pendant que les savans d'Europe disputaient sur les théories que nous venons d'énumérer, le nouveau monde

(1) *Playfair*, Illustrations of the Huttonian theory of the earth. Edinbourg, 1802.

en vit naître, ou plutôt renouveler un système différent de tous les autres. *Franklin* supposa, d'après Anaximène, que non-seulement toutes les substances terrestres, mais même toute la matière en général, avaient existé comme un gaz aériforme élastique, confusément répandu dans les espaces célestes. La gravitation commença à se faire sentir, les molécules gazeuses furent attirées vers des centres; il se forma des globes d'air. Ceci supposé, il est facile de concevoir tout le reste du système de Franklin; toutes les substances se laissent réduire à l'état aériforme : donc, conclut Franklin, elles ont toutes pu naître par la condensation de l'air; ainsi a dû se former la croûte extérieure du globe qui, dans ce système, n'est qu'une mince enveloppe solide autour d'un vaste fluide élastique; les mouvemens de cet *air central* produiraient, comme on voit, sans difficulté, les tremblemens de terre. Enfin, ce système n'est pas une simple satire des théories de la terre, comme on paraît l'avoir cru; c'est une hypothèse tout aussi raisonnable et aussi ingénieuse que celles des autres géologues. Hypothèse de Franklin.

Après avoir suivi la géologie jusqu'au milieu des régions éthérées, que nous reste-t-il à faire? Augmenterons-nous le nombre des systèmes, en cherchant à démontrer que la terre était jadis entourée d'un *anneau* comme Saturne, et que cette voûte céleste, en s'écroulant, donna naissance à cette chaîne de montagnes (1) qui, en occupant le dos des grands continens, forme comme une ceinture du globe? Il vaut mieux revenir à la marche purement descriptive de la Géographie-Physique, la seule méthode vraiment scientifique et instructive. Nouvelle hypothèse.

(1) Ci-dessus, p. 183.



LIVRE QUARANTE-DEUXIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. De la Terre, considérée comme le séjour des êtres organiques. PREMIÈRE SECTION : *De la Distribution géographique des végétaux.*

NOUS avons décomposé le globe terrestre en ses parties solides, liquides et aériformes. Passons à la considération de ces êtres innombrables qui étalent sur tous les points de ce globe le spectacle de la vie, qui en embellissent la surface, qui en consument les inépuisables sucs nourriciers, et, par un sort commun, y trouvent mille tombeaux divers. Sans doute ces productions et ces habitans de la terre n'y sont point disséminés au hasard; des lois générales ont assigné à chaque classe de ces êtres organiques son berceau et sa tombe ; ces lois, nous devons les étudier avant d'entreprendre la description des diverses parties du monde.

Vues générales.

Par leur abondance, et par leurs rapports intimes avec le sol, les *végétaux* réclament la première place. C'est à la botanique à examiner en détail les trésors du règne végétal : ces fleurs brillantes et passagères; ces calices qui

Du choix de leurs parfums embarrassent l'abeille;

ces étamines, ces pistils, tous ces organes des amours innocentes ; ces ovaires qui survivent à l'enveloppe maternelle, et en se développant deviennent des fruits succulens ; ces germes qui, sous un mince volume, renferment l'espoir des générations à venir ; toutes ces charmantes merveilles revêtues de tant de formes, et produites par le jeu simultané de tant de forces diverses, que l'on croirait volontiers la nature occupée de ce soin unique, si l'on ne savait que ce sont là ses moindres ouvrages. La

géographie-physique s'occupe de la distribution du règne végétal, et y trouve assez de matière à admirer cette sagesse qui a présidé à la production de l'univers (1).

La température de l'air paraît seule mettre des bornes physiques à l'extension d'une espèce végétale. L'échelle de la chaleur atmosphérique sert aussi d'échelle ordinaire aux progrès de la végétation. Voilà pourquoi, sous le climat brûlant de la zone torride, on n'a qu'à s'élever sur les montagnes pour jouir des fruits et des fleurs de la zone tempérée. *Tournefort* trouva au pied du mont Ararat les végétaux ordinaires de l'Arménie; au milieu, ceux de l'Italie et de la France; sur le sommet, ceux de la Scandinavie. *Forster* vit plusieurs plantes des Alpes sur les montagnes de la Terre de Feu (2). Si les vallées des Andes sont ornées de bananiers et de palmiers, les régions plus élevées de cette chaîne nourrissent des chênes, des sapins, des berberis, et une foule de genres communs au nord de l'Europe (3). L'homme, profitant de cette disposition, a transporté et disséminé presque sur toute la surface du globe ces *graminées* qui lui fournissent sa principale nourriture. Quelques autres plantes utiles ont été rendues communes à tous les climats par la nature même. Les *plantes antiscorbutiques*, si salutaires pour le navigateur languissant dans sa prison flottante, sont répandues partout où il y a encore un germe de vie. On trouve du cresson, de la chicorée, de l'oseille sauvage sur les rivages toujours glacés de la baie d'Hudson, et dans la Sibérie, aussi-bien que dans ces heureuses îles éparses au milieu de l'Océan Pacifique (4). Les arbustes qui portent des *baies* et de petits fruits agréables au goût, viennent dans les pays les plus inhabités. Dans le Groenland même, le groseillier porte de très-bons fruits. La Laponie possède

Influence de la température sur les végétaux

(1) *Humboldt*, Essai sur la Géographie des plantes, *Stromayer*, Specimen geographiæ botanicæ. Gottingæ, 1804. *Bergmann*, Géograph.-Phys., sect. VI. (2) *Bemerkungen*, p. 154 (en all.).

(3) *Humboldt*, Essai sur la Géog. des plantes, p. 34.

(4) *Anderson*, troisième voyage de Cook, *passim*.

une ressource dans ses arbustes, tels que l'épine-vinette, le mûrier rampant, l'airellier et autres.

Jusqu'à quel point les plantes bravent le froid.

Ni le froid extérieur, ni l'absence de la lumière, n'arrêtent entièrement la vie végétale. Les cavernes et les mines donnent naissance à un certain nombre de plantes, surtout des cryptogamiques (1). Plusieurs saxifrages et renoncules, les saules rampans, ainsi que tous les lichens, aiment le froid. La neige, loin d'empêcher les fonctions vitales de ces végétaux, les garantit de l'effet des gelées, et leur fournit en abondance l'oxigène qu'elle contient, et qui, en accroissant leur vigueur, accélère la germination des semences (2). Ramond a constaté que des plantes cachées pendant plusieurs années sous la neige, y avaient continué de vivre (3). L'organisation des plantes alpines ou polaires se prête à une croissance et à un développement si rapides, qu'un petit nombre de jours chauds leur suffit pour fructifier (4). Peut-être même la neige éternelle pourrait être le séjour d'une sorte de végétation; au moins Saussure y a trouvé une poussière rougeâtre, dont la nature, très-probablement végétale, n'est pas encore suffisamment éclaircie. Patrin et Sokolof ont vu, en Daourie, des terrains couverts de végétaux, quoique entièrement environnés de neiges éternelles (5).

Plantes qui croissent dans les eaux chaudes.

La chaleur extrême arrête encore moins la force productive de la nature dans le règne végétal, pourvu qu'elle soit accompagnée d'humidité. On voit des plantes naître non-seulement sur les bords des sources chaudes, mais même au sein de ces eaux qui semblaient devoir les consumer. On en trouve des exemples depuis l'Islande jusqu'au Cap, et depuis le Kamtchatka jusqu'à l'île d'Amboine (6). Les exhalaisons sulfureuses et les mofettes des

(1) *Scopoli*, Diss. ad scient. natur., p. I, p. 84-120. *Humboldt*, Floræ Friberg. subterr., etc. (2) *Hassenfratz*, Journ. de l'École polytechnique, 4e cahier, an IV, p. 570-576. (3) *Ramond*, Observat., p. 51. (4) *Martens*, Voyage au Spitsberg, p. 54 (en all.). *Linnæi*, Flor. Lapp. præf., pl. XX. (5) *Patrin*, Voyage, p. 19.

(6) *Olafsen* et *Povelsen*, Voyage en Islande, en all., II, p. 31 et 181. *Krascheninikow*, Kamtchatka, en all., p. 91. *Sparman*, Voyage, en all., p. 142. *Labillardière*, tome I, p. 324.

cavernes volcaniques semblent n'exercer sur la végétation qu'une influence lente, bornée, tandis qu'elles donnent aux animaux une mort instantanée (1).

Humidité nécessaire aux végétaux.

C'est l'absence de l'humidité qui oppose à la végétation les obstacles les plus redoutables. Voyez sous l'équateur, comme vers le pôle, ces déserts sablonneux condamnés à une éternelle stérilité! Aucune goutte de pluie ne saurait s'arrêter dans ce sol incohérent et toujours remué par les vents; aucun germe ne saurait s'y fixer. C'est sans doute à des causes à peu près semblables qu'il faut attribuer la nudité de plusieurs montagnes, dont les flancs escarpés ou les sommets aplatis n'offrent aucun abri aux colonies végétales que les vents y font aborder; tandis que d'autres montagnes, à une température plus froide, conservent encore quelques plantes. Par exemple, le mont Frié (*Shivering mountain*), dans le Derbyshire, ne produit aucune herbe, parce que ses flancs se décomposent journellement en lamelles schisteuses qui roulent en bas (2).

Pression de l'atmosphère.

La pression de l'atmosphère exerce une influence frappante sur la configuration et la vie des plantes. Les végétaux vivent principalement par leur surface; de là leur grande dépendance du milieu qui les entoure. Les animaux obéissent plutôt à des stimulus intérieurs, et se donnent la température qui leur convient. La respiration par l'épiderme est la plus importante fonction vitale des plantes; et cette fonction, en tant qu'elle sert à évaporer et à sécréter des fluides, dépend de la pression de l'atmosphère: c'est pourquoi les plantes des Alpes sont plus aromatiques, plus garnies de poils, et couvertes de nombreux vaisseaux sécrétoires. Au contraire, elles croissent avec difficulté dans les plaines où leur respiration par l'épiderme est dérangée, parce que la pression de l'air y est plus forte (3).

Nature chimique du sol.

La nature chimique du sol montre son influence sur les végétaux plutôt en modifiant leur port, leurs sucs et leurs

(1) *Soulavie*, OEuvres de Hamilton, p. 246. *Smiths*, Tour, etc., II, p. 103. (2) *Kuttner*, Beytræge, etc., c. à d. Mém. sur l'Angleterre, tab. 7, p. 20. (3) *Humboldt*, Tableaux de la nature, II, p. 115, n. 14.

fruits, qu'en bornant leur extension. Pourtant le sel commun, dissous et répandu sur le sol en quantité, y rend la naissance des végétaux presque impossible (1). La fusion que subissent les laves, est probablement la seule cause qui y retarde pendant des siècles les progrès de la végétation, tandis que les cendres volcaniques donnent promptement naissance à de riches moissons ou à de beaux vignobles (2). En général, les terres ne servent guère que d'appui et d'abri aux plantes; elles se nourrissent de l'eau et des fluides huileux qui se rassemblent dans la terre, et que leurs racines sucent. Une faible quantité de terre, dissoute dans ces fluides, est absorbée par la plante. D'autres causes contribuent encore à la vie végétale; les plantes respirent par leurs trachées les divers fluides de l'atmosphère; la lumière, surtout, doit présider à l'opération chimique par laquelle la nourriture de la plante s'assimile à sa substance. Les terres élémentaires que l'on retire d'une plante par l'analyse chimique, paraissent plutôt être le produit et le résidu de la digestion par laquelle le végétal s'assimile ses alimens, que des parties venues directement de la terre environnante (3). Les expériences de M. *Schrader* ont fait voir que des plantes qui végétaient dans du soufre sublimé, donnaient à l'analyse les mêmes terres que celles qui croissaient à la façon ordinaire (4). Ces observations, fournies par la physiologie végétale, peuvent expliquer pourquoi la terre siliceuse forme une si grande partie de la substance des végétaux, quoique les terrains calcaires se revêtent ordinairement d'une végétation plus vigoureuse et plus abondante que les terrains granitiques. La terre calcaire attire l'humidité, répand la chaleur, et fournit aux plantes de l'air fixe. Mais c'est la silice qui domine dans la meilleure terre végétale (5). La terre

Terres qui abondent dans les plantes.

(1) *Forskal*, Flor. Egypt., p. 45.

(2) *Hamilton*, Œuv., p. 33. *Brydone*, Tour, etc., t. I, p. 116.

(3) *Senebier*, Encycl. méthod. physiol., végét., t. I.

(4) *Schrader*, deux Mémoires couronnés sur la nature des parties terreuses des plantes. Berlin, 1800, en all.

(5) Expériences de *Fourcroy*, de *Giobert*, etc. Encycl. nat., Phys. végétale, t. I, p. 276.

silicée abonde aussi dans les graminées et dans plusieurs joncs. On a trouvé, dans les cendres de la paille de seigle, jusqu'à 70 pour 100 de silice. Les jointures du bambou renferment des cristallisations de pure silice (1). Il y a pourtant d'autres plantes qui sont comme imprégnées de terre calcaire, telles que la *chara vulgaris, l'hypnum crista castrensis*, la *neckera dendroïdes*, et quelques plantes cryptogamiques (2). Encore d'autres plantes, telles que la *salsola kali*, les salicornies, les mésembryanthèmes, nagent, pour ainsi dire, dans une dissolution de natron. On peut réduire toutes les substances que la chimie retire des végétaux, à quatre élémens, savoir : l'oxigène, l'hydrogène, l'azote et le carbone. L'alcali qu'on extrait de plusieurs végétaux, doit probablement son origine à l'azote; le *tannin*, principe astringent qu'on trouve dans l'écorce, les racines et les feuilles de quelques arbres, semble être du carbone dans un état particulier. Tout est incertitude dans la physiologie végétale, et la géographie des plantes n'en peut encore emprunter qu'un très-petit nombre de principes.

Ce qu'il y a de certain et d'évident, c'est que la force végétative embrasse toute l'étendue du globe, depuis un pôle à l'autre, et depuis les sommets des Andes, où le lichen rampe sur les rochers les plus durs, jusqu'au sein de la mer, d'où s'élèvent les prairies flottantes d'algues et de fucus. Le froid et la chaleur, la lumière et l'ombre, les terrains fertiles et les déserts, chaque lieu et chaque température a son genre de végétation qui s'y plaît et prospère (3). Les cryptogames se ramifient même sur les sombres voûtes des mines et sur les parois des cavernes les plus profondes. Extension de la végétation.

La marche que suit la végétation dans ses conquêtes sur

(1) *Lampadius*, Samlung praktischer Abhandl., III, p. 187. *Davy*, Journal de Nicholson, vol. II, n° 27, p. 56. *Macie* et *Russel*, Philosoph. transact., vol. LXXX et LXXXI.

(2) *Humboldt*, Aphorismen, p. 105-106.

(3) *Linné*, Amœnitat. acad., IV, 64.

la matière inorganique, offre des gradations remarquables.

Marche progressive de la végétation.

« Que du fond de la mer, dit M. Humboldt, un volcan soulève tout à coup au-dessus des flots bouillans un rocher couvert de scories; ou, pour rappeler un phénomène moins terrible, que des nérérdes réunies (1) élèvent leurs demeures cellulaires pendant des milliers d'années, jusqu'à ce que, se trouvant au-dessus du niveau de la mer, elles meurent, après avoir ainsi formé une île aplatie de corail; la force organique est déjà prête pour faire naître la vie sur ce rocher. Qui peut y porter si soudainement des semences? Sont-ce les oiseaux voyageurs, les vents ou les vagues de la mer? C'est ce que le grand éloignement des côtes rend difficile à décider. Mais à peine l'air a-t-il touché la pierre nue, que, dans les contrées septentrionales, il se forme à sa surface un réseau de filets veloutés qui, à l'œil nu, paraissent des taches colorées. Quelques-uns sont bordés par des lignes saillantes, tantôt simples, tantôt doubles; d'autres sont traversés par des sillons qui se croisent. A mesure qu'ils vieillissent, leur couleur claire devient plus foncée. Le jaune qui brillait au loin se change en brun, et le gris bleuâtre des *lepraria* prend insensiblement une teinte de noir poudreux. Les extrémités des enveloppes vieillissantes se rapprochent et se confondent; et sur le fond obscur se forment de nouveaux lichens de forme circulaire et d'un blanc éblouissant. C'est ainsi qu'un réseau organique s'établit par couches successives. Où le chêne majestueux élève aujourd'hui sa tête aérienne, jadis de minces lichens couvraient la roche dépourvue de terre. Des mousses, des graminées, des plantes herbacées et des arbrisseaux, remplissent le vide de ce long intervalle, dont la durée ne peut être calculée. L'effet produit dans le nord par les lichens et les mousses, l'est, dans la zone torride, par le pourpier, le gomphrena et d'autres plantes basses, habitantes des rivages. »

Cette belle observation tend à établir des *époques* dans

(1) *Humboldt*, Tableaux de la nature, II, 15.

l'histoire de la propagation successive des plantes qui couvrent aujourd'hui la terre. Sans doute lorsque la végétation étendait déjà son tissu de verdure sur les montagnes primaires et secondaires, on voyait encore les terrains tertiaires, à peine desséchés, couverts d'un limon fangeux, et semés de quelques plantes languissantes, de joncs, de mousses et d'épais buissons d'osier et de saules. Les Grecs prétendaient que les hommes, les animaux et les plantes avaient long-temps habité les montagnes avant que de se répandre dans les plaines et sur les côtes (1). Tacite nous peint la Germanie remplie de marais inaccessibles, aujourd'hui en grande partie desséchés. Rudbeck lui-même convient que, d'après les traditions indigènes, les parties basses de la Scandinavie offraient le même aspect (2). Ainsi, l'histoire semble confirmer l'hypothèse si savamment développée par *Lacépède* et *Ramond* (3), d'après laquelle on doit regarder les grandes chaînes de montagnes comme autant de centres d'où la population végétale, aussi-bien qu'animale, s'est répandue sur le reste du globe.

Époques dans la propagation des plantes.

En effet, les chaînes des Alpes, de l'Atlas et du mont Taurus, le plateau central de l'Asie, celui de l'Afrique méridionale, les Andes, les Alleghany, semblent être la patrie des végétaux qui couvrent les contrées situées à leurs pieds. A ces grands centres du règne végétal, le progrès des découvertes joindra bientôt les plateaux ou les chaînes de montagnes qui doivent occuper l'intérieur de la Nouvelle-Hollande et le nord-ouest de l'Amérique.

Centres primitifs de la végétation.

Ce serait, selon nous, dénaturer entièrement une idée juste et évidente, que de vouloir encore réduire ces centres de la vie végétale et animale à un seul centre, ainsi que l'ont fait plusieurs savans trop attachés à des traditions mythologiques ou sacrées. La force organique

(1) *Plat.* de Leg., III, Oper. II, p. 677, édit. Serran. *Aristot.*, Météorol., II, 13. *Strab.*, Géog., l. XIII, 407, éd. Cas.

(2) *Rudbeck*, Atlantica, I, p. 45. *Torfæi*, Hist. Norweg., I, p. 111.

(3) Mémoires de l'Institut et Annales du Muséum.

dont la matière a été animée, n'aurait-elle agi dans l'origine que sur un seul point du globe? La nature n'aurait-elle pas, sur les rivages du Sénégal, exercé le même pouvoir qu'aux bords du Gange? Pourquoi les blés seraient-ils nés en Tartarie avant que de naître en Europe? Pourquoi l'Espagne et l'Italie n'auraient-elles pas produit des oliviers sauvages, puisque la Perse, bien plus froide, en est couverte? On exagère beaucoup

Sur les migrations des plantes.

les prétendues migrations des plantes. On veut, par exemple, que l'Europe ait reçu le froment et l'orge de la Tartarie; le noyer, de la Perse; l'olivier, de la Syrie; la vigne, des bords de la mer Caspienne: enfin, on accumule des témoignages historiques pour prouver que presque toutes nos plantes utiles sont venues d'Asie (1); mais toutes ces observations des anciens peuvent se rapporter uniquement à la *culture* d'une plante, et non pas à son origine. Sans doute Lucullle a le premier amené de Cerasonte en Pont les cerisiers cultivés depuis en Italie; mais en rapportant ce fait, Pline nous dit que les cerises de Lusitanie étaient les plus estimées en Gaule Belgique, et que la Macédoine en produisait une espèce particulière (2). Aurait-il parlé de la sorte si les cerisiers de Macédoine et de Lusitanie descendaient de ceux du Pont? Le même auteur semble convenir que la vigne était indigène en Gaule (3). La tradition unanime de l'antiquité fait naître en Sicile ou dans l'Attique la culture du froment, culture contemporaine des premiers essais de législation (4). Une espèce de seigle, connue sous le nom celtique d'*arinca*, conservé dans le terme dauphinois *riguet*, était indigène dans les Gaules (5). Ces exemples, qu'il serait aisé de multiplier, prouvent que les

(1) *Heyne*, Opusc. acad., vol. I, p. 330-383. *Linné*, Coloniæ plantarum, etc. *Sprengel*, cité par *Humboldt*, Tableaux de la nature, I. *Dureau de la Malle*, Aperçu de l'origine des plantes céréales, *Annales des voyages*, X, 321 *sqq.* (2) *Plin.*, Lib. XV, cap. 25.

(3) *Id.*, *Plin.*, lib. XIV, 3, 9.

(4) *Pausan.* In Arcad. *Callim.*, Hymn. in Cerer. *Plin.*, VII, 56.

(5) *Plin.*, XVIII, 8.

plantes céréales, et en général les végétaux de l'Europe, peuvent se passer de l'honneur d'une origine étrangère. D'un autre côté, l'on ne saurait nier que les migrations de l'homme aient singulièrement influé sur l'extension géographique des plantes. Non-seulement l'homme transporte à dessein le cafeyer de l'Arabie aux îles de Colomb, et la patate de l'Amérique aux rivages de l'Europe ; mais même le simple hasard, en laissant une graine étrangère se mêler à un ballot de marchandise, a répandu plusieurs plantes du Brésil aux environs de Lisbonne, et quelques-unes de celles du Portugal sur les côtes voisines de Falmouth et de Plymouth en Angleterre.

Plantes qui vivent en société.

Il y a dans la dissémination des plantes plusieurs singularités difficiles à expliquer, et même à définir. Quelques plantes semblent vivre en société, et occuper exclusivement de vastes terrains, d'où elles bannissent tout autre végétal. C'est ainsi qu'à travers le Jutland, le Holstein, le Hanovre, la Westphalie et la Hollande, on peut suivre une longue chaîne de collines uniquement couvertes de la bruyère ordinaire et de la bruyère *tetralix*. Depuis des siècles, les peuples agriculteurs combattent avec peu de succès contre la marche progressive de ces phalanges végétales (1). Il est encore singulier que le genre *erica* ne se trouve que sur un des côtés de notre planète. Parmi les cent trent-sept espèces de bruyères connues jusqu'à présent, on n'en rencontre pas une seule dans le nouveau continent, depuis la Pensylvanie et le Labrador jusqu'à Nootka et Alaschka. Elles paraissent même peu communes en Asie. On voit d'autres fois des sauts singuliers dans la distribution des plantes. La plupart des arbres forestiers de l'Europe, même les plus robustes, disparaissent vers les monts Uraliens, et surtout vers les bords du Tobol et de l'Irtych : ils ne croissent pas en Sibérie, quoique sous le même climat ; le chêne, le noisetier et le pommier sauvage suivent cette com-

(1) *Humboldt*, Tableaux de la nature, II, 47.

mune loi ; on en chercherait en vain un pied depuis le Tobol jusqu'à la Daourie ; pourtant les deux premiers reparaissent tout à coup sur les bords de l'Argoun et de l'Amur ; le dernier se montre de nouveau dans les îles Aleutiennes (1).

Ces remarques doivent faire sentir combien il serait difficile d'indiquer avec certitude des *régions* de géographie botanique, objet qui d'ailleurs semble appartenir à la partie de ce *Précis* qui contient les descriptions particulières des divers pays. Ici nous devons nous borner à quelques aperçus sur l'aspect et les avantages de la végétation dans les diverses *zones* du globe.

Végétation de la zone glaciale.

La zone glaciale renferme peu d'*espèces* ; mais comme, dans les courts momens de l'été polaire, la végétation est très-rapide, ces espèces deviennent plus nombreuses en individus que l'on ne le croit communément. La verdure de l'été polaire se borne aux coteaux exposés au midi ; elle est momentanée, mais elle est quelquefois brillante. Outre la mousse et les *lichens*, on y voit surtout des *fougères*, des *plantes rampantes* et des *arbustes* à baies, tels que les groseilles, les *rubus chamæmorus*, les *rubus arcticus* et les divers *vaccinium*, ressources et délices de la Sibérie et de la Laponie. Nulle part ces fruits n'abondent davantage, nulle part ils n'ont autant de saveur. La zone glaciale admet aussi quelques arbres, surtout des *bouleaux* et des *saules* ; mais ils restent nains toute leur vie, et ne s'élèvent qu'à un ou deux pieds. Tel est cependant le privilége du climat de l'Europe ; la Laponie, qui est presque en totalité située dans la zone glaciale, produit du seigle, des légumes, et aurait, selon M. *de Hermelin*, de belles forêts, si une mauvaise économie n'avait pas entraîné leur destruction. Comme les mousses, les lichens de l'Islande et du Groenland se retrouvent sur les Alpes et les Pyrénées, on peut dire que la zone glaciale ne possède aucune espèce végétale exclusivement.

(1) *Géorgi*, Description de la Russie, III[e] tome, 4[e] partie, p. 1015, et 5[e] partie, p. 1301, 1305.

La zone tempérée boréale doit, sous le rapport du règne végétal, être partagée en deux moitiés ; mais la limite de ces demi-zones varie, selon le climat local, depuis le 50e jusqu'au 40e parallèle. Végétation de la zone tempérée.

Sur la limite de la zone tempérée et de la glaciale, commence l'éternelle verdure des pins et des sapins, ces arbres dont la forme se rapproche de la cristallisation, et qui, au milieu des hivers, conservant la chaleur de la vie, ressemblent aux peuples du nord qui, dans leur âpre climat, développent toutes les ressources du génie et du courage.

Plusieurs arbres fruitiers, les pommiers, les poiriers, les cerisiers, les pruniers ; certains légumes, comme le chou, les pois, les raves, viennent mieux ou sont plus cultivés dans la moitié septentrionale de la zone tempérée. Le lin et le chanvre y sont indigènes. La verdure y est plus brillante, surtout dans les pays maritimes. A mesure qu'on y avance, le chêne, l'érable, l'orme, le tilleul, prennent le dessus sur le pin et le sapin. Les fruits plus délicats, l'olive, le citron, l'orange, la figue, et parmi les arbres sauvages, le cèdre, le cyprès, le liége, appartiennent plus spécialement à la partie la plus méridionale de la même zone. Il y a même une différence sensible entre la culture des légumes au-delà et en-deçà du 45e degré. Les fèves, les lentilles et les artichauts, paraissent indigènes au sud de cette ligne ; les oignons y ont moins d'âcreté ; plusieurs végétaux délicats ou aromatiques (comme les *truffes*) ne viennent pas dans la même perfection au nord de ce parallèle.

La *vigne* et les *mûriers* occupent le milieu entre le 30e et le 50e parallèles. Disons même que si la vigne a suivi la civilisation jusqu'au 50e degré et au-delà, ce n'est qu'en France, en Allemagne et en Hongrie, partie du globe trop petite pour ne pas être regardée comme une exception. La véritable patrie de la vigne est au sud du 45e degré ; les peuples qui habitent au nord de ce parallèle arrachent à leur sol, à force de travail et de science, ce Patrie de la vigne.

que la nature prodigue à l'ignorance des vignerons d'Italie et à la paresse de ceux d'Espagne.

Les *pêches*, les *abricots*, les *amandes*, les *cognassiers*, les *châtaignes* et les *noix* craignent également le voisinage du tropique et celui du cercle polaire.

Culture des blés et grains

Quant aux blés, l'*avoine* et l'*orge* sont les espèces qui s'accommodent le mieux du froid ; l'orge surtout semble allonger ou raccourcir la période de sa vie végétale d'après la durée des étés ; en Laponie, et à Olekminsk en Sibérie, elle mûrit en sept à huit semaines ; malgré cette étonnante rapidité de croissance, l'hiver de Sibérie la surprend quelquefois (1). Entre le 60e et le 40e degrés, l'agriculteur plus heureux remplit ses granges de *seigle*, de *froment*, de *millet*, de *blé sarrasin*; riche de ces trésors, il n'envie point à des climats plus méridionaux, et situés vers le tropique, leur *riz*, leur *blé de Turquie*, et autres espèces semblables. Ces blés, moins favorables à la santé et à la vigueur de l'homme, peuvent même réussir jusqu'à la latitude de 50 degrés ; mais une bonne économie rurale leur préfère des cultures moins incertaines.

Sur l'aspect général de la zone tempérée chaude.

L'Européen né au nord des Alpes, est sujet à se former une fausse idée du caractère de la zone comprise entre le 40e et le 25e degrés de latitude. Sortant de nos belles forêts de chênes, de nos vergers rians, accoutumé à fouler même dans l'été un beau gazon, il franchit les Alpes, les Cévennes, les Pyrénées ; il est frappé de l'aspect nu et brûlé de la Provence, de l'Italie ou de l'Espagne : il se représente au-delà de la Méditerranée les vastes mers de sables de l'Afrique, et il est tenté de croire que toute cette zone est naturellement dénuée d'arbres : il se trompe. Il est vrai que dans tous les pays voisins de la Méditerranée, et où domine le calcaire secondaire, une partie de la superficie du sol ne se compose que d'arides rochers. La beauté pittoresque de l'Italie a surtout pour cause le contraste agréable qu'offrent la roche inanimée et la végé-

(1) *Georgi*, Description de la Russie, III, 716.

tation vigoureuse éparse çà et là sur sa surface. Mais partout où cette roche moins crevassée retient l'eau à la surface de la terre, comme sur les bords enchantés du lac d'Albano, l'Italie a ses forêts de chênes aussi touffues et aussi vertes que celles qu'on admire dans le nord de l'Europe (1). Les grands déserts ou mers de sables de l'Afrique sont un phénomène local, et qui ne tient point aux zones, puisqu'il se répète en Perse et en Tartarie sous une latitude beaucoup plus élevée. C'est un haut fond de l'ancienne mer du globe, si l'on admet la théorie de M. Deluc.

Il faut cependant convenir que la zone tempérée chaude, ou celle du 40e jusqu'au 25e parallèle, offre en général moins d'humidité constante, et une végétation moins belle que la zone tempérée froide ; il n'y a d'exception que pour les Etats-Unis et la Chine, région où, par une suite de la situation géographique (2), le climat de la zone tempérée froide et celui de la zone torride se touchent immédiatement, et souvent alternent ensemble, ce qui produit le mélange le plus agréable de la végétation boréale et de celle des régions équatoréales.

Végétation de la zone torride.

La *zone torride* possède des richesses végétales que l'on désirerait en vain naturaliser dans les autres régions du globe. C'est elle qui voit mûrir les fruits les plus succulens et les aromates les plus piquans ; toute la végétation y a plus de force, plus de variété et plus d'éclat ; les rayons ardens du soleil y érigent la plante en arbuste, et l'arbuste en arbre : ce n'est pas une simple sève qui coule dans les veines des végétaux ; ce sont des baumes, des gommes, des sucs qui flattent et excitent le goût difficile et émoussé du voluptueux Européen, des remèdes précieux et uniques contre ces maux qui assiégent l'humanité. Quel paradis, si l'on pouvait y transporter la civilisation et la morale ! C'est là que s'élèvent la *canne à sucre*, le *cafeyer*, le

(1) *Humboldt*, Tableaux de la nature, I, 20.
(2) Comp. ci-dessus, L. XXXIX, p. 415 et 416.

palmier, l'*arbre à pain*, le *pisang*, l'immense *baobab*, les *choux palmistes*, le *cacao*, la *vanille*, la *cannelle*, la *noix muscade*, le *poivrier*, le *camphrier*, etc. Il y a encore beaucoup de bois de teinture et des espèces particulières de blé, comme le *durra*, le *holcus*, le *cambu*, le *kébru*, qui appartieuuent presque exclusivemeut à la zone torride, tandis que cette zone n'est privée d'aucune espèce de celles qui viennent sous un ciel moins ardent. La plante qui, en Sibérie, végète dans la plaine, se trouve aux plus hauts sommets des montagues sous la ligne; et les flancs de ces mêmes monts représentent la zone tempérée.

Aspect de la végétation dans la zone torride.

L'aspect de la végétation, sous l'équateur, enchante l'imagination; c'est là que les plantes déploient les formes les plus majestueuses. De même que, dans les frimas du nord, l'écorce des arbres est couverte de lichens et de mousses, de même entre les tropiques le *cymbidium* et la vanille odorante animent le tronc de l'*anacardium* et du figuier gigantesque. La verdure fraîche des feuilles du *pothos* contraste avec les fleurs des orchidées, variées de mille couleurs bizarres. Les *bauhinia*, les grenadilles grimpantes et les *banisteria* aux fleurs d'un jaune doré, enlacent le tronc des arbres des forêts. Des fleurs délicates naissent des racines du *theobroma*, ainsi que de l'écorce épaisse, rude et noircie du calebassier et du *gustavia*. Au milieu de cette végétation si riche et de cette confusion de plantes grimpantes, le naturaliste a souvent de la peine à reconnaître à quelle tige appartiennent les feuilles et les fleurs. Un seul arbre orné de *paullinia*, de *bignonia* et de *dendrobium*, forme un groupe de végétaux qui, séparés les uns des autres, couvraient un espace considérable (1). Dans la zone torride, les plantes plus abondantes en sucs, offrent une verdure plus éclatante, et des feuilles plus grandes et plus brillantes que dans les climats du nord. Les végétaux qui vivent en société, et qui rendent monotone l'aspect des campagnes de l'Europe, manquent presque entièrement dans les régions

(1) *Humboldt*, Tableaux de la nature, II, 60.

équatoréales. Des arbres deux fois aussi élevés que nos chênes, s'y parent de fleurs aussi grandes et aussi belles que nos lis. Sur les bords ombragés de la rivière de la Madeleine, dans l'Amérique méridionale, croît une aristoloche grimpante, dont les fleurs ont quatre pieds de circonférence. Les enfans s'amusent à s'en couvrir la tête. Ajoutez à ce tableau les formes gigantesques des baobabs, dont la circonférence s'étend quelquefois à 80 pieds, et la taille élégamment hardie des *eucalyptus* et des palmiers à cire qui, atteignant de 150 à 180 pieds d'élévation, forment des portiques aériens au-dessus des forêts.

La hauteur prodigieuse à laquelle s'élèvent, sous les tropiques, des contrées entières, et la température froide de cette élévation, procurent aux habitans de la zone torride un coup d'œil extraordinaire. Outre les groupes de palmiers et de bananiers, ils ont aussi autour d'eux des formes de végétaux qui semblent n'appartenir qu'aux régions du nord. Des cyprès, des sapins et des chênes, des épines-vinettes et des aunes qui se rapprochent beaucoup des nôtres, couvrent les cantons montueux du sud du Mexique, ainsi que la chaîne des Andes sous l'équateur.

Sur la zone tempérée australe.

La zone tempérée australe viendrait maintenant terminer le tableau phytographique du globe, si on osait assurer que sous le rapport de la végétation il existe une zone semblable. Mais il semble que les trois extrémités de l'Amérique, de l'Afrique et de la Nouvelle-Hollande, comprises dans cette zone, ne contiennent que des colonies végétales, qui, de la zone torride de chacune de ces régions, se sont répandues au sud. D'après ce point de vue, il est probable que la végétation de ces trois extrémités de continens, même lorsqu'elle sera mieux connue, offrira plutôt des scènes locales qu'un tableau général.

LIVRE QUARANTE-TROISIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. De la Terre considérée comme le séjour des êtres organiques. DEUXIÈME SECTION : *De la distribution géographique des Animaux.*

LA force inconnue qui a répandu sur le globe la vie animale, et qui l'y entretient, n'a pas sans doute été circonscrite dans une seule région. Partout, la matière a dû s'animer à la voix du grand être ; partout, les molécules élémentaires en se rapprochant, en se disposant par fibres, muscles et os, ont dû présenter le spectacle de cette *génération spontanée*, qui probablement a lieu tous les jours pour les *animaux infusoires*, pour ces *monades* que la vue armée même n'aperçoit que comme un point, pour ces *volvoces* qui ne sont qu'un globe de matière sans organes, pour ces *rotifères* qui, après être restées desséchées pendant plusieurs années, reprennent de la vie dès qu'on les humecte (1). Il est difficile de croire qu'il existe dans cette première tendance de la matière vers l'organisation, des différences fondées sur la position géographique des lieux.

Vues générales.

Génération spontanée.

Zoophytes.

Les *zoophytes* sont en grande partie si mal connus, et si difficiles à classer, qu'on ne saurait dire si chaque région maritime possède en propre telle ou telle espèce. Le *corail*, animal au dehors et rocher en dedans ; les *madrépores* et les *millepores*, qui, au contraire, ont une enveloppe pierreuse, semblent n'exister que dans les régions voisines des tropiques, dans les mers échauffées par les rayons directs du soleil. Il y a trois ou quatre grandes *mers de corail* sur le globe : d'abord, la partie du grand Océan où s'élèvent les îles basses, celles des Amis, la

Mers de corail.

(1) Comp. *Cuvier*, Tableau élémentaire des animaux, p. 663.

Nouvelle-Calédonie, les îles Salomon, et, en général, les étendues de mer comprises entre les diverses parties de l'*Océanique ;* c'est là qu'à chaque pas le navigateur court risque d'échouer contre un roc de corail s'élevant perpendiculairement d'une profondeur immense ; la deuxième région de ce genre s'étend depuis la côte de Malabar jusqu'à celles de Madagascar et de Zanguebar ; notre Méditerranée est la troisième région, mais le corail précieux qu'elle fournit, et qui est recherché depuis l'Afrique jusqu'au Japon, diffère essentiellement des grossières substances dont sont composées les îles de la mer du Sud. Les golfes d'Arabie et de Perse paraissent, d'après les anciens, être peuplés de zoophytes qui y forment comme des forêts souterraines (1). La mer des Antilles et le golfe du Mexique doivent contenir beaucoup de madrépores. Mais qui connaît assez les diverses *holothuries*, *astéries*, *méduses*, et autres légers embryons d'êtres, pour assigner leur région natale ? Les laborieux voyageurs *Péron* et *Lesueur*, qui ont si bien observé les formes fugitives et délicates des zoophytes (2), ont trouvé le genre *pyrosoma* cantonné dans une seule région de la mer Atlantique ; et ils pensent que chaque espèce de zoophyte a son domicile déterminé par la température qui lui est nécessaire.

L'abîme renferme encore des monstres qu'il est dangereux d'observer de près. Quand parviendra-t-on à distinguer avec assez de certitude les diverses espèces de *polypes* ou *hydres*, pour oser indiquer les limites de leurs patries au fond des abîmes qu'ils habitent ? Il nous paraît probable que la grandeur des polypes varie selon la profondeur des mers où ils demeurent. Si le détroit de Messine, si la Manche en offrent notoirement qui aient des bras de dix pieds de long, pourquoi traiterait-on de fables les récits très-circonstanciés des anciens (3) et des mo- Remarque sur les polypes.

(1) *Plin.*, Hist. nat., XIII, 25.
(2) Voyages aux Terres Australes, I, 492, et l'atlas, pl. XXIX-XXXI.
(3) *Plin.*, IX, 30: *Ælian*, Hist. nat., XIII, 6.

dernes (1) qui parlent des polypes pris dans la Méditerranée, dans la mer Atlantique et dans la mer des Indes, et dont les bras, d'après des mesures faites de sang froid, se sont trouvés avoir trente à quarante pieds de long? Ne serait-il pas même dans les règles de la saine critique de suspendre notre jugement à l'égard de ces monstrueux polypes désignés en Norwége sous le nom de *krake* (2), et dont plusieurs naturalistes estimables (3) ont cru trouver l'existence démontrée de nouveau par des observations récentes?

Sur les mollusques et les coquillages.

Les zoophytes nous offrent les premières ébauches de la force créatrice; ce ne sont pas encore des êtres individuels, ce sont des masses confuses de plusieurs êtres animés d'un commencement de vie. Les *mollusques*, tant nus que *testacés*, jouissent déjà d'une vraie existence individuelle. Aussi, leurs divers genres ont diverses patries; les coquillages de Timor ne se trouvent sur les côtes de la Nouvelle-Hollande que jusqu'à la pointe sud-ouest; de l'autre côté, les coquillages de l'île Van-Diémen, tels que l'*haliotis gigantea* et le *phasianellus*, diminuent de grandeur en suivant les côtes de la Nouvelle-Hollande jusqu'au détroit du roi George, et disparaissent au-delà (4). La pinne-marine, dont le byssus éclatant éclipse la soie, ne prospère que dans les mers de l'Inde et dans la Méditerranée. L'huître à perles ne donne des produits riches et parfaits que dans les mers équatoréales. Mais l'arrangement naturel est souvent dérangé : les bâtimens auxquels les coquillages s'accrochent les transportent d'un pôle à l'autre. Ce n'est que par cette voie que les eaux de la Hollande ont été peuplées de ce *teredo navalis* qui détruit les vaisseaux (5).

---

(1) *Aldrovand.*, de Molluscis, part. VII, c. 2. *Johnston*, de Exanguib. aquat., lib. I, tit. 2, c. 1. *Swediaur*, Journal de physique, 1784, vol. II, p. 284 *sqq.* (2) Voyez notre vol. V, article *Norwége*.

(3) *Bosc*, Hist. nat. des vers, I, p. 36. *Montfort*, Histoire des mollusques, II, 71, 153-216. *Pennant*, British zoology, IV, tab. 28, *fig.* 44.

(4) *Péron* et *Lesueur*, Annales du Muséum d'histoire naturelle, XV.

(5) *Sellii* Hist. nat. teredin. Utrecht, 1733.

La sécrétion calcaire des zoophytes est déjà roche ou pierre au moment où l'animal meurt ; la sécrétion calcaire des mollusques testacés, ou les *coquilles*, ne forme des roches qu'en se décomposant. La structure des coraux et madrépores est grenue : celle des coquilles est lamelleuse ou stratifiée.

Distribution géographique des insectes.

Cet ordre d'animaux dépourvus de sensibilité se rattache au règne minéral ; nous nous élevons à un autre ordre qui se rapproche du règne végétal : c'est l'ordre des *insectes*, dont les vers forment la plus basse échelle. L'insecte qui, en passant par les états de larve et de chrysalide, rappelle le développement successif des oignons, de la tige et des fleurs ; l'insecte, qu'on pourrait appeler une fleur ailée et animée, possède déjà, dans son organisation compliquée, quelques traces obscures de sensibilité, quoique l'irritabilité y prédomine encore. C'est au milieu de la plus vigoureuse végétation, c'est dans la zone équatoréale que naissent les insectes les plus brillans et les plus forts. Ce sont les papillons d'Afrique, des Indes orientales et d'Amérique, dont les couleurs éclatantes rivalisent avec celles des métaux. C'est encore dans ces régions, et surtout dans l'Amérique méridionale, que les forêts, peuplées de millions de vers luisans, offrent à l'œil du voyageur nocturne le spectacle d'un immense incendie. Le termite d'Afrique, nommé aussi fourmi blanche, bâtit des collines solides, et l'araignée de la Guyane attaque avec succès les oiseaux. Même parmi les insectes aquatiques, le *limulus gigas*, le plus grand de tous (1), habite sous l'équateur, comme l'indique son nom vulgaire : *crabe des Moluques*. Certains genres, surtout les cousins, les abeilles et les mouches, paraissent être répandus également sur tout le globe ; le court été du pôle en fait éclore une multitude aussi innombrable que les chaleurs de la zone torride ; la moustique qui tourmente le voyageur aux bords de l'Orénoque,

(1) *Cuvier*, Tableau élémentaire, 452.

Pays rendus inhabitables par des insectes.

ressemble à celle qui bourdonne en Laponie. Partout où l'homme n'a point desséché les marais et éclairci les forêts, les insectes règnent en tyrans; l'histoire connaît plusieurs exemples de villes et de contrées rendues inhabitables par la multitude d'abeilles, de guêpes ou de cousins (1). On a vu des armées et des tribus entières s'enfuir devant ces faibles insectes, devenus invincibles par leur nombre.

Les sécrétions des insectes ne se rapprochent pas du règne minéral comme celles des zoophytes et des mollusques; elles ont le caractère des sucs végétaux. Mais ces sécrétions paraissent, autant que celles du polype à corail, provoquées par des instincts aveugles, plutôt que par des sensations semblables à celles des animaux parfaits. L'industrie tant admirée de l'abeille ne suppose point de volonté libre et individuelle.

Nous avons suivi, à travers les ordres des zoophytes, des mollusques et des insectes, le perfectionnement graduel des *animaux à sang blanc et sans vertèbres*, qui, dénués ou faiblement pourvus d'organes de sensibilité, paraissent constituer dans le règne animal, pour ainsi dire, un *hémisphère* diamétralement opposé à celui des *animaux à vertèbres et à sang rouge*.

Cette deuxième série du règne animal commence, comme la première, au sein de l'Océan, ce berceau de toutes les organisations primitives.

Sur les poissons.

Les *poissons*, quoiqu'au plus bas degré de l'échelle, se détachent déjà fortement de la nature inorganique; ils offrent déjà le commencement d'une ossification intérieure, mêlée, il est vrai, de quelques traces de ces sécrétions extérieures, de ces couvertures solides qui appartiennent aux animaux sans vertèbres. Les poissons n'ayant ni l'aveugle instinct des insectes, ni dans un haut degré l'instinct motivé des mammifères, paraissent inférieurs même

(1) *Hérod.*, V, 10. *Plin.*, VIII, 29-58. *Ælian*, XVII, 35. *Pausan.*, in Achaicis. Comp. *Bochart*, Hierozoicon, l. IV, c. 13, vol. II, p. 539 *sqq*.

à plusieurs animaux à sang blanc, quoiqu'ils fassent partie d'un ordre supérieur à celui auquel ces animaux appartiennent. Le règne animal n'offre point une série progressive, mais deux grandes séries composées de plusieurs ordres progressifs chacune; de sorte que les gradations dans le perfectionnement de l'organisation ne peuvent ni ne doivent se trouver continuées de genre en genre, à travers l'échelle, mais seulement de l'ensemble d'un ordre à celui d'un autre.

Le défaut d'industrie que nous venons de remarquer dans les poissons rend probable que chaque bassin de l'Océan a ses tribus particulières qui y naissent et meurent. On connaît les stations de quelques espèces de poissons. Ainsi la morue, répandue dans toutes les mers boréales, entre l'Europe et l'Amérique, se rassemble principalement sur les grands bancs de sable au sud-est de Terre-Neuve. Poursuivie par vingt mille pêcheurs, la morue se reproduit avec une fécondité étonnante; on a calculé que chaque femelle portait dans son ovaire plus de neuf millions d'œufs(1). Les *coryphènes* et les *chatœdons*, ou *bandouillères*, se tiennent exclusivement dans la zone torride; ce sont diverses espèces de ces genres qui, à cause de leurs brillantes couleurs, ont reçu le nom de *dorades*. Ce sont les ennemis les plus actifs des poissons volans, qui, également, ne se montrent qu'entre les tropiques, ou tout au plus vers le 40e parallèle de latitude. Ces genres se trouvent aussi bien dans l'Océan oriental que dans l'Atlantique; mais il est probable que les espèces varient. On croirait les *poissons électriques* circonscrits dans la zone torride; en effet, le gymnote électrique appartient exclusivement à l'Amérique, et le trembleur ou le *silurus electricus* aux fleuves d'Afrique. Mais la torpille paraît répandue dans toutes les mers.

Sur les stations de quelques poissons.

Quel œil mortel a parcouru les profondeurs de l'Océan? Qui en connaît les productions et la température? Combien de côtes même dont les pêcheries sont ou nulles ou mal décrites! En analysant même les magnifiques ou-

(1) *Cuvier*, Tableau élémentaire, p. 337.

vrages de l'illustre *Lacépede*, nous ne pourrions point composer un tableau vraiment général, et les descriptions particulières de chaque mer sont réservées pour d'autres volumes de ce *Précis*.

Migrations des poissons

Les migrations des poissons sont provoquées par le besoin de trouver des eaux moins profondes, afin d'y déposer leurs frais. Ainsi les *harengs*, venant du fond de la mer Glaciale, se transportent tous les ans sur les côtes de l'Islande, de l'Ecosse, de la Norwége, de la Suède, du Danemarck, de la Hollande et des Etats-Unis (1), aussi-bien que sur celles de Kamtchatka et des îles voisines (2). Il paraît prouvé que les immenses légions de harengs suivent machinalement les chaînes des bancs et rochers sous-marins qu'elles rencontrent. Les variations prétendues et réelles qu'éprouvent ces migrations semblent aussi dépendre des causes locales que nous indiquerons dans un autre endroit. Les *thons* se transportent également tous les ans de l'Océan Atlantique dans la mer Méditerranée; fait que déjà les anciens avaient observé et décrit (3). Outre ces migrations annuelles, et en partie exactement connues, les courans doivent en occasionner d'autres qui échappent à l'observation. Il est vrai que les poissons, en général, paraissent souffrir beaucoup par un changement soudain de température (4); ce qui peut faire croire que les poissons vivans à la surface de la mer sont circonscrits dans certaines régions. Mais, d'un autre côté, les observations de MM. Biot et Laroche, en démontrant l'admirable propriété qu'ont les organes respiratoires des poissons de s'emparer d'autant plus d'oxigène qu'ils descendent à une plus grande profondeur (5), ne mettent aucune borne aux migrations des espèces qui vivent dans les couches inférieures de la mer.

Les poissons des lacs et des fleuves sont encore moins

(1) *Gilpin*, sur les Migrations des harengs, dans les *Transactions of the American society of Philadelphia*, II, 786.

(2) *Krachenninikow*, Descript. de Kamtchatka.

(3) *Oppian.*, *Halieutic.* III, v. 633 *sqq.* (4) *Provençal* et *Humboldt*, Mémoires de la société d'Arcueil, II, 398. (5) *Biot*, *ibid.*, p. 487.

Poissons d'eaux douces.

susceptibles d'une classification géographique. Les genres *cyprinus* et *perca*, dont la carpe et la perche sont les types, peuplent presque toutes les rivières des zones tempérées ; les esturgeons habitent les petites méditerranées, telles que la Baltique, la Caspienne, le Pont-Euxin ; la grande espèce (1), fréquente dans le Wolga et le Danube, le cède encore, pour la taille, au *mâl* ou *silurus glanis*, le géant des poissons fluviatiles. Le vorace brochet, et quelques autres espèces, vivent souvent dans des mares souterraines qui ne communiquent avec l'atmosphère que par de petites ouvertures.

Poissons dans des [illegible] singulières.

Une circonstance plus digne de figurer dans un tableau général, c'est la présence des poissons de mer, tels que le cabeliau, dans le lac Winnipeg, au centre de l'Amérique septentrionale (2). Il y a des poissons qui s'avancent hors de leur élément ; les anguilles traversent les prairies ; et, sur la côte de Coromandel, une espèce de perche, *perca scandens*, grimpe sur les palmiers (3). Sonnerat a vu des poissons qui vivaient dans des sources thermales d'une température très-élevée.

Cétacés, phoques, etc.

L'histoire naturelle nous pardonnera de ne point séparer des poissons ces êtres équivoques qui, avec le sang chaud des mammifères, possèdent un mélange de formes propres aux poissons et aux quadrupèdes. Habitans de la mer et de la terre, les *baleines*, le *narval*, les *cachalots*, les *dauphins*, les *morses*, les *phoques*, lient, par le perfectionnement progressif de leur organisation, deux ordres différens : il y a peu de choses qui distinguent une baleine des poissons, et il y a des phoques qu'on a confondus avec des loutres. Plus l'ossification est complète, et plus les organes se détachent, plus la sensibilité s'accroît. Les phoques et les lamantins offrent déjà quelques traces d'affections sociales.

Comme les mammifères amphibies et cétaeés ont besoin

(1) *Acipenser-Huso*. (2) *Goldson*, Remarques sur le voyage de *Fuente*, dans *Sprengel*, Choix des voyages, etc. IV, 164 (en allemand).

(3) *Daldorf*, Transact. of the Linnean society, III, 62.

de respirer fréquemment l'air atmosphérique, il paraît qu'ils doivent être bornés à certains climats. Les phoques des mers australes sont des espèces différentes de celles qui peuplent les mers boréales (1). Le lion de mer des parages de Kamtchatka diffère essentiellement de celui des mers de Groenland (2). Les phoques vitulines ou veaux-marins, qu'on prétend exister dans la mer Caspienne, dans les lacs d'Aral, de Baikal et de Ladoga, paraissent être une espèce rapprochée des loutres et différente des phoques marins ; ce qui nous dispense d'admettre les révolutions physiques par lesquelles on a voulu les faire arriver dans ces eaux intérieures, comme si la nature ne pouvait pas produire des phoques partout. La grande baleine des mers boréales, quoiqu'elle soit autrefois entrée dans la Méditerranée (3), n'a guère pu s'approcher de l'équateur ; les baleines de l'Océan austral sont probablement d'une autre race. Le cachalot à grosse tête, habitant des régions équatoréales, surtout de l'Océan Indien, et qui nous donne l'ambre gris, diffère essentiellement du grand cachalot des mers glaciales.

Distribution géographique des cétacés.

Parmi les animaux terrestres, les *reptiles* occupent le dernier rang. Leurs organes sont empâtés ; ils en manquent en partie ; un épais bouclier ou une peau écailleuse les couvre ; les os sont mous : la force vitale, disséminée dans tous les membres, n'a point de centre d'énergie ; enfin, les parties d'un animal, étant découpées, se reproduisent d'elles-mêmes. Tous ces traits caractéristiques indiquent un premier essor de la nature, un détachement imparfait de la matière brute. Aussi les reptiles semblent-ils prospérer dans la boue, échauffée par les rayons verticaux du soleil. Le crocodile de l'Afrique, le gavial du Gange et les divers caïmans d'Amérique, sont les géans du genre *lézard* ; c'est dans les régions les plus chaudes de l'Amé-

Remarques sur les reptiles.

(1) *Péron*, Annales du Muséum, XV, 300.

(2) *Steller*, Nov. Comm. Petrop. II, 360-366. *Otto Fabricius*, Fauna Groenlandica, p. 7. (3) *Plin.*, IX. 3.

rique et des Terres Océaniques, que les serpens se roulent en orbes immenses, ou portent sous leur dent un venin mortel ; les tortues qui paissent les algues dont se tapisse le fond de l'Océan, ne couvrent d'une infinité d'œufs que les sables des régions équatoréales.

En créant les oiseaux, la nature a reproduit l'ordre des insectes, mais avec plus de simplicité, de liberté et d'énergie. Leurs os, plus durs et plus nombreux que ceux des poissons et des reptiles, marquent une organisation plus parfaite. Les ailes dont ces animaux sont pourvus, semblent leur assigner l'atmosphère entier pour domaine ; mais le plumage dont ils sont couverts, et qui, semblable à une vraie végétation, varie selon les climats et les températures, nous prouve que ces êtres, en apparence si libres, sont pourtant soumis à certaines lois géographiques. Ceux même à qui leur constitution robuste permettrait de se répandre au loin, semblent attachés, par des goûts et des affections, aux lieux qui les virent naître. Ainsi, le *condor* et le *roi des vautours*, qui plane au-dessus de Chimboraço même, n'abandonnent point la chaîne des Cordillières du Pérou et du Mexique ; le vautour d'agneaux et le grand aigle ne s'éloignent pas des sommets de nos Alpes. L'aigle de mer ou l'orfraie est peut-être répandu autour du globe. Dans l'ordre naturel des *passereaux*, les voyageurs se sont souvent trompés en confondant les espèces étrangères avec celles d'Europe ; ainsi les *calaos* d'Afrique et des Indes diffèrent de nos corbeaux, et les *manakins* d'Amérique ne sont point nos mésanges, malgré quelques traits de ressemblance. La zone torride possède encore en particulier les diverses espèces de *perroquets* communes en Amérique ; de *kakatoes*, bornés aux Indes orientales ; de *loris*, plus beaux dans les îles au sud-ouest de l'Asie, et d'*aras*, qui sont tous d'Amérique. Le fameux *oiseau de paradis* ne sort pas même d'une région assez étroite de la zone torride, savoir, de la Nouvelle-Guinée et des îles voisines. Parmi les oiseaux qui ne savent pas voler, chaque région équatoréale, isolée par des mers, a produit ses

Vues géographiques sur les oiseaux.

Oiseaux de la zone torride.

espèces particulières ; l'*autruche* d'Afrique et d'Arabie, le *casoar* de Java, des îles voisines et de la Nouvelle-Hollande, et le *touyon* d'Amérique, offrent, dans des espèces très-distinctes, la même tendance générale de l'organisation. Les oiseaux de moyenne et de petite taille, dans les contrées équinoxiales, brillent des couleurs les plus magnifiques ; leur plumage reproduit l'éclat métallique des insectes de la même zone.

Oiseaux de la zone tempérée. La zone tempérée pour les oiseaux s'étend dans notre hémisphère depuis le 30e parallèle jusqu'au 60e ; en dedans de ces limites, les genres et même quelques espèces n'ont plus de régions particulières bien fixes ; d'ailleurs les hommes en ont transplanté ou entraîné sur leurs pas une foule d'espèces originairement bornées à une seule contrée. Le phénomène géographique le plus remarquable, c'est la migration annuelle des hirondelles, des cigognes et des grues qui, aux approches de l'hiver, abandonnent les contrées boréales de l'Europe pour se rendre, soit en Italie et en Espagne, soit même en Afrique. Quelques espèces d'hirondelles se plongent dans les lacs et les marais, où elles restent engourdies pendant l'hiver (1).

Migrations annuelles.

La zone glaciale compte un petit nombre d'espèces qui lui sont particulières, entre autres l'*anas mollissima*, dont les nids nous fournissent l'édredon. Mais on doit plutôt considérer cet oiseau aquatique comme attaché aux rivages des mers glaciales. Le *strix lapponicus* et le *tetrao lagopus* vivent sur les montagnes couvertes de neiges perpétuelles.

Oiseaux de la zone glaciale.

Chaque grande division maritime du globe a ses oiseaux particuliers. L'*albatros* plane sur les flots dès qu'on s'approche du 40e parallèle de latitude. Les *frégates* et les *oiseaux tropiques* ne s'éloignent pas de la zone torride ; leurs espèces diffèrent probablement d'un océan à l'autre. Le *pingouin* du pôle boréal diffère du *manchot* des mers

Oiseaux maritimes.

(1) Comp. *Guenau*, dans *Buffon*, Histoire des oiseaux, vol. XVII, p. 857. *Daines Barrington*, Miscellanies, p. 225. Mem. of the American academy of Boston, I, p. 494 ; II, p. 93 *sqq*.

australes ; ces oiseaux sans ailes offrent la dernière dégénération de l'ordre auquel ils appartiennent.

Quadrupèdes. Nous voilà arrivés à un ordre d'animaux bien plus parfaitement organisés que tous ceux que nous venons de considérer. C'est surtout par rapport aux quadrupèdes, qu'il est intéressant de considérer la distribution géographique des espèces dans les diverses zones et dans les deux continens. Cette recherche a déjà jeté un grand jour sur l'histoire de la terre, et se lie même à celle de l'homme (1).

Leurs migrations. Dans les migrations des animaux, il ne s'agit pas taut de leur *force active*, ou de l'énergie de leurs organes, que de ce qu'on pourrait appeler leur *force passive*, c'est-à-dire, la faculté de résister aux changemens de température. Souvent, dans tout un genre, une seule espèce est douée de cette faculté. D'autres fois, une espèce animale ne doit sa grande extension qu'aux soins de l'homme, qui a su se l'assujettir, et qui l'a transportée avec lui aux deux bouts du monde. Les organes extérieurs d'un animal subissent déjà de grands changemens par le seul effet de leur *domesticité*; la diversité du climat en produit d'autres non moins remarquables. Quant aux animaux sauvages, ils se règlent dans leur migration, surtout d'après l'abondance ou la disette des vivres; les *carnivores* trouvent partout leur nourriture naturelle ; ils se contentent au besoin des végétaux; et, par cette raison, ils ont dû se répandre fort au loin. Ceux qui ne souffrent point les grands froids, n'ont pu se répandre de l'ancien dans le nouveau continent, parce que les seules communications immédiates qu'il y ait entre ces deux continens, sont celles formées par les glaces arctiques. Il y a beaucoup d'espèces animales dont l'histoire prouve l'ancien séjour dans des climats beaucoup plus froids que ceux où ils vivent aujourd'hui. Tantôt les persécutions continuelles de l'homme les ont anéantis ou chassés ; tantôt les progrès de l'agriculture, en diminuant les forêts, leur ont

(1) *Zimmermann*, Zoologie géographique, 3 vol. in-8°, 1783, en all.

enlevé à la fois leur territoire de chasse et leurs asiles.

Plusieurs quadrupèdes, par leur extension à peu près générale, éludent les lois d'une classification géographique.

Animaux généralement répandus.

Ces quadrupèdes sont, ou *en état de domesticité*, comme le chien, le bœuf, la brebis, la chèvre, le cheval, l'âne, le cochon et le chat, ou dans l'*état sauvage*, comme le renard, l'ours, le lièvre, le lapin, le cerf, le daim, l'écureuil, le rat, la souris, l'hermeline. Il y en a cependant, parmi ces animaux, qui ne vivent pas dans la zone glaciale.

Le chien.

Le *chien*, fidèle compagnon de l'homme, l'a suivi dans tous les climats; il est, chez quelques peuples, le seul animal domestique, et remplace pour eux à la fois le cheval et le bœuf. Vers l'équateur, comme vers le pôle, il perd sa voix; son aboiement se change en un murmure. Cette espèce est répandue jusque dans la Nouvelle-Hollande (1).

Le bœuf.

Le *bœuf* vit jusque sous le 64e degré, et même, en Laponie, jusqu'au 71e. Il paraît que cet animal est natif de la partie la plus chaude de la zone tempérée de l'ancien continent: c'est là où il atteint le plus haut degré de force et de courage. Mais dans les climats humides et froids, comme la Gallicie, le Holstein, l'Irlande, il prend un plus grand volume, et les vaches y donnent plus de lait. En Islande, c'est dans les vallées exposées au nord, et sous le 65e degré de latitude, que le bétail vient le mieux; les vaches n'y ont point de cornes, mais donnent beaucoup de lait. L'ancienne colonie Islandaise en Groenland a dû exporter du beurre, du bœuf salé et des peaux de bœufs (2). Ainsi, la bienfaisante providence a voulu que cette utile espèce pût supporter presque tous les climats, et suivre l'homme jusqu'aux derniers confins de la nature animée.

Le mouton.

La *brebis* et la *chèvre* supportent également le froid po-

(1) *Collins*, Relation, etc., p. 567 (en anglais).

(2) *Speculum regale*, 188, 191, 200. Voyez notre vol. I, p. 391.

laire et les chaleurs de la zone torride. La chèvre existe en assez grand nombre en Norwège et en Islande. Il paraît qu'il y a eu au moins deux races originaires de brebis : l'une, venue de la Barbarie et du mont Atlas ; l'autre, du plateau de la Tartarie. C'est la race d'Afrique qui s'est répandue en Espagne et en Angleterre. L'aïeul de la brebis, l'*argali* ou le *mouflon* vit encore, selon *Zimmermann*, dans toutes les grandes montagnes des deux continens. Le *capricorne* et le *bouquetin*, qui sont les ancêtres du bouc et de la chèvre, habitent les plus hauts sommets de deux continens.

Le *cheval*, qui n'exista point dans le nouveau continent avant l'arrivée des Européens, s'est répandu en Europe et en Islande jusqu'au-delà du cercle polaire. En Asie, il ne passe guère le 64e parallèle. En Amérique, il est répandu jusque sur la terre des Patagons, dont le climat, sous le 50e degré de latitude septentrionale, répond aux climats de l'hémisphère boréal sous le 60e degré. Le cheval.

Il nous semble qu'il y a eu, dans l'ancien continent, au moins *trois races originaires de chevaux*. La première, la mieux proportionnée, s'est répandue d'abord entre les 40e et 55e parallèles ; elle était probablement native de la Grande-Bucharie, de la Perse, ou même de l'Asie-Mineure (1). Les chevaux tartares, et ceux de Pologne et de Hongrie, nous semblent avoir conservé le type originaire de la race. Dans les pays d'un froid humide tempéré, et dans des pâturages fertiles, cette même race est devenue plus grande et plus forte ; les formes mieux développées ont pris cette harmonie, cette noblesse guerrière, qui distinguent les chevaux danois, normands et napolitains ; ceux-ci ont cependant été mêlés avec la race arabe. La troisième variété de la première race s'est formée par dégénération, dans les pays trop humides ; on peut même suivre les degrés de cette transformation ; les chevaux du pays de Brême offrent déjà les pieds moins bien faits Trois races de chevaux. Race persane.

(1) Voyez les passages recueillis par *Bochart*, Hierozoicon, l. II, ch. 9.

que ceux de Holstein et du Jutland. Si l'on avance jusque dans l'Ostfrise, les formes deviennent toujours de plus en plus grossières.

Race mongole ou scythe. La seconde race est petite, quelquefois presque naine; elle a le corps carré, et est douée d'une grande force et d'une agilité surprenante. Elle semble être originaire des plateaux septentrionaux de l'Asie, des stepps des Kirguises, quoique Pallas regarde les chevaux sauvages de ces contrées comme venus des haras (1). Cette race, selon quelques rapports, paraît être répandue dans le nord de l'Inde (2), dans la Chine, et dans les îles du Japon. Il est plus certain qu'elle est commune en Russie et en Scandinavie; les Norwégiens l'ont portée en Islande et en Ecosse. Elle existe dans l'île danoise de Sélande.

Race arabe ou africaine. La troisième race de chevaux est douée des qualités les plus brillantes : d'une extrême légèreté et souplesse, d'une grande vigueur et d'un caractère ardent. Nous voulons parler de la *race arabe*, qui, sans doute, a une commune origine avec celle de Barbarie, si elle n'en est pas la souche. Les chevaux andalous en descendent, sans mélange. Les Anglais disent que leurs chevaux de course viennent uniquement du croisement de la race barbe avec celle arabe. L'histoire prouve que les Romains, les Saxons, les Danois, les Normands, en y introduisant les races de leurs pays, ont fondé celle de l'Angleterre; ensuite des particuliers ont, de temps en temps, fait venir des étalons arabes et barbes.

L'âne. L'*âne*, quoiqu'il ne passe pas pour un animal très-délicat, supporte moins le froid que le cheval; en Europe, il n'est guère commun que jusqu'au 52e degré; on ne croit pas qu'il puisse se propager à 60 degrés de latitude. Les climats les plus favorables à l'âne sont ceux entre les 20e et 40e parallèles. Là, il devient grand et beau; il est vif et docile; on le tient en honneur (3).

(1) *Pallas*, Voyages, I, p. 376, in-8°.
(2) *Pennant*, Outlines of the globe, II, 239.
(3) *De Grandpré*, Voyage au Bengale, II, 229. *Niebuhr*, Descript. de l'Arabie. *Bochart*, Hierozoicon, lib. II, ch. 13.

L'âne sauvage n'existe aujourd'hui qu'en Tartarie, où il ne dépasse pas le 48e degré de latitude.

Le cochon. Ses rapports avec l'histoire de l'homme.

Il faut bien se résoudre à parler du *cochon;* l'histoire de cet animal immonde jette un grand jour sur celle de l'homme. Le cochon est répandu dans tout l'ancien continent, à commencer du 64e parallèle de latitude boréale. Le *sanglier* ne s'étend pas jusqu'au 60e degré. Dans le Nouveau-Monde, il n'y avait point de ces animaux, avant la découverte par Colomb; on les y a portés, et ils y vivent depuis le 50e parallèle jusqu'à la Patagonie. On a trouvé le cochon presque sur toutes les îles du grand Océan, où il est même le principal animal domestique. N'est-il pas évident, par ce seul fait, que les îles de l'Océan Pacifique ont reçu leurs habitans du sud-est de l'Asie? On en peut également conclure que s'il y a eu une communication ancienne entre l'Amérique et les peuples de l'ancien continent, cela a dû avoir lieu, soit dans un temps où l'homme ne comptait pas encore le cochon parmi ses animaux domestiques, soit sous des latitudes plus boréales que celles où cet animal peut vivre.

Le chat.

Le *chat*, répandu actuellement sur tout le globe, ne se trouvait pas originairement en Amérique. Comme, de tout temps, cet animal a dû être compagnon des navigateurs, son absence primitive, en Amérique, est un argument très-fort contre les prétendus voyages des Carthaginois, et surtout contre l'opinion que les Japonais auraient entretenu un commerce fréquent avec le nord-ouest de l'Amérique.

Le chat existait au contraire sur plusieurs îles de l'Océan Pacifique, avant l'arrivée des Européens.

Les espèces d'animaux sauvages répandues dans tous les climats des deux continens, sont en très-petit nombre; il est même douteux qu'il y en ait, à l'exception de celles qui ont été apportées dans le Nouveau-Monde par les hommes.

Le renard.

Le *renard* est peut-être de tous les quadrupèdes sauvages le plus répandu, et celui qui s'acclimate le plus aisément. Des troupes nombreuses de renards habitent

la Nouvelle-Zemble et les bords de la mer Glaciale; mais il n'y en a pas un moindre nombre en Bengale, en Egypte, et sur la côte de Guinée. Le nouveau continent, dit *Zimmermann*, en est rempli depuis les parties septentrionales de Groenland, sous le 78e degré, jusqu'au Mexique, et de là le long des Cordillières, jusqu'au détroit de Magellan. Mais les voyageurs ont appliqué au hasard ce nom; il n'est pas prouvé qu'il y ait de vrais renards en Amérique méridionale.

Le lièvre. Des animaux semblables au *lièvre* se trouvent également en Sibérie et sur le Sénégal, sur les bords de la baie de Baffins, et dans tout le nouveau continent. Mais Buffon a déjà douté de l'identité des lièvres américains avec ceux de l'ancien continent; il ne paraît pas du moins qu'aucun vrai lièvre se trouve en Amérique méridionale. On a dit que ceux du Groenland ne diffèrent des nôtres qu'à l'égard du poil qui reste toujours blanc (1); mais les lièvres de ce pays arctique paraissent pourtant être de l'espèce *lepus variabilis*, qui n'est connue qu'en Sibérie (2).

L'écureuil. L'*écureuil*, selon Zimmermann, habite l'Europe entière et l'Asie, depuis les extrémités de la Sibérie jusque dans le royaume de Siam, et se rencontre dans l'Afrique et les deux Amériques. Mais il paraît que dans chaque partie du monde les espèces sont différentes.

Le lapin. Le *lapin*, ne pouvant vivre en plein air dans le climat de la Suède, n'a pas pu passer dans le nouveau continent par les terres polaires; tous les vrais lapins qu'on voit dans le nouveau continent, y ont été apportés par les colons, et ont ensuite passé de la domesticité à l'état sauvage.

Le cerf. Le *cerf* paraît être indigène dans les deux continens. Il habite l'Europe jusqu'au 64e degré, et l'Asie jusqu'au 55e, et, en quelques endroits, jusqu'au 60e degré. Il est donc difficile de croire qu'il ait pu passer en Amérique, comme Zimmermann le veut; le cerf du Canada ayant

(1) *Otho Fabricius*, Fauna Groenlandica systematice sistens animalia Groenlandiæ occidentalis hactenus indagata. Copenhague, 1780.

(2) *Linné*, Système, édit. 13e. *Gmelin*, I, p. 100.

des bois sans empaumures, nous croyons que l'on devrait le considérer comme une espèce à part (1). Zimmermann cherche encore à prouver par de nombreux témoignages que le cerf est répandu dans les îles de Java, de Sumatra et de Ceylan, ainsi que dans l'Abyssinie, dans la Guinée et dans la Barbarie. Mais d'abord les cerfs des îles au sud-est de l'Asie, généralement mal décrits, paraissent appartenir à l'espèce de *cervus axis*, peut-être quelques-uns à l'*antelope oryx* (2). Quant à l'existence des cerfs en Afrique, comme elle est unanimement niée par les anciens (3), et faiblement affirmée par les modernes (4), il paraît vraisemblable qu'elle se borne à quelques troupeaux égarés d'Asie, ou peut-être sortis des parcs royaux et proconsulaires. S'il y a des cerfs en Afrique.

Mettrons-nous l'*ours commun* au nombre des animaux répandus tout autour du globe? Zimmermann le retrouve sous toutes les latitudes, à partir du cercle polaire vers l'équateur et au-delà; mais, dans les relations qu'il cite, on ne distingue pas toujours de quelle variété il est question. L'*ours noir*, qui est le plus grand, paraît répandu dans les deux mondes. Son existence dans l'Afrique septentrionale est démontrée (5). Mais les animaux d'Amérique, auxquels on a prétendu donner ce nom, ne sont pas bien décrits. Pour l'*ours brun* des Alpes, nous n'affirmerons rien; il existe sans doute en Sibérie, mais il ne s'est pas répandu dans les îles Aleutiennes, et ne paraît pas fréquent sur les rivages de la mer Glaciale qu'habite l'ours blanc ou maritime. Quant au petit ours, que les Norwégiens nomment *myre-biorn* ou ours de marais, il semble que c'est encore une variété particulière moins répandue. Ours commun.

Il resterait à discuter l'extension géographique de quelques petits animaux, sur lesquels il est très-facile de se Petits quadrupèdes.

(1) Comp. *Cuvier*, Tableau élémentaire, p. 160.
(2) *Valentin*, cité dans notre volume III, article *Celebes*.
(3) *Herod.*, IV, 192. Comp. *Plin.*, *Arist.*, etc. Apud *Wesseling*, ad Herod., loc. cit. (4) *Gataker*, Miscellan., l. II, cap. 8. *Shaw*, Voyages (en franc.), I, 323. (5) *Salmas.*, Exercit. Plinian., 220. *Shaw*, Voyages, l. c. *Larcher*, Histoire d'Hérodote, III, p. 488-490.

tromper. L'hermine ou la belette au museau noir, vit selon Zimmermann dans tous les climats ; car on en trouve aux îles Moluques, en Guyane et en Afrique, aussi-bien que dans la Sibérie, dans la Laponie, à la Terre-Neuve et dans le Canada.

Les *rats* et les *souris*, nos parasites incommodes, s'embarquent aussi dans nos navires, et passent sans danger, tant l'équateur que les cercles polaires. C'est par la navigation que ces deux espèces ont dû se répandre. Cependant, sur terre, ni les rats, ni les souris ne supportent le froid de la zone glaciale ; il n'y en a point en Groenland, ni dans la partie la plus septentrionale de la Laponie. En Sibérie, ils ne s'étendent pas même au-delà du 61e parallèle.

Concluons qu'il n'est pas encore démontré avec certitude qu'aucune espèce animale, exactement identique, se soit répandue naturellement sur tout le globe. Dans des climats qui se ressemblent, les organisations ont pris des caractères qui se rapprochent sans se confondre.

Quadrupèdes répandus dans l'hémisphère boréal.

Renne.

Il y a des quadrupèdes qui, pouvant supporter un très-grand degré de froid, se sont répandus dans les deux continens, mais ils n'ont point passé les tropiques ; ils n'appartiennent qu'à la zone tempérée froide du nord. Le *renne* est, de tous les animaux terrestres connus, celui qui s'éloigne le moins du pôle. En Scandinavie, il ne peut guère vivre au sud du 65e parallèle ; en Russie, le climat plus froid lui permet d'exister jusque sous le 63e degré ; en Asie, il descend encore plus bas, et l'extrémité de sa sphère s'étend dans la Tartarie chinoise, chez les Tunguses, au-delà du 50e degré. Cette ligne oblique, tirée depuis la Laponie jusqu'à la terre de Yesso, est très-remarquable, parce qu'elle désigne à peu près la *zone glaciale physique* de l'ancien continent (1). Le renne ne trouve qu'en dedans de cette ligne l'espèce de mousse (2) dont il se nourrit. Comme le nouveau continent est, sinon plus froid, du moins plus inculte que la Sibérie, le renne ou le *karibou* du Ca-

(1) *Georgi*, Descript. de la Russie, III, 1610.
(2) *Lichen rangiferinus*, L.

nada, qui est le même animal, y descend jusqu'au 45e parallèle. Le soi-disant *daim* de *Groenland* n'est qu'un renne.

L'*ours blanc* ou *polaire*, animal absolument différent de l'ours ordinaire terrestre, et infiniment plus terrible, habite sur toutes les côtes de la mer Glaciale, et se laisse transporter d'un pays à l'autre sur les glaces flottantes. Cette manière de voyager a donc pu être commune, ou l'est plutôt encore à des animaux moins grands que l'ours blanc. Ainsi, les migrations des espèces animales polaires ne prouvent pas que les deux continens aient été contigus autrefois. Un pont de glace, tel que Cook en trouva, suffit pour les expliquer. Ours blanc ou polaire.

L'*isatis* ou le *renard polaire*, animal différent du renard ordinaire, paraît aimer le froid presque plus encore que le renne et que l'ours blanc; car celui-ci se retire ou se cache lorsque la nuit polaire commence, et ce n'est qu'alors que l'isatis se montre. L'isatis n'est pas borné au voisinage immédiat du pôle; il descend jusqu'aux îles Aleutiennes, et au Kamtchatka d'un côté, tandis que de l'autre il se montre en Islande et en Laponie. Isatis ou renard polaire.

Quelques autres espèces habiles à nager ont pu passer par les îles Aleutiennes, ou par le détroit de Behring. Parmi celles-ci, on doit nommer la *loutre* du fleuve qui se trouve dans l'ancien continent, depuis le 70e degré jusque vers le 20e, dans le royaume de Siam; mais en Europe, les pays sur la Méditerranée ne la connaissent guère; peut-être la culture l'en a chassée. Dans le Nouveau-Monde, elle habite surtout entre le 50e et le 40e parallèles. La *loutre des marais* est encore bornée à une moindre sphère dans l'ancien continent; car elle ne s'étend qu'au 65e parallèle au nord, et au 50e au sud. La *loutre marine* aime les côtes de Kamtchatka et du nord-ouest de l'Amérique, environ entre le 65e et le 40e degrés de latitude nord (1). L'industrieux et paisible *castor* a peut-être jadis habité tout le globe, ou du moins toute la zone tempérée boréale; car il y en avait en Italie, en Perse, en Egypte. La civilisation Loutre. Castor.

(1) *Georgi*, Descript. de la Russie, III.

imparfaite de cette race a été détruite par l'homme. Dans le Nouveau-Monde, on trouve encore de petites républiques de castors, depuis le 60e jusqu'au 30e parallèle boréal. Même dans les déserts du Canada, les castors se sont retirés fort loin des habitations de l'homme.

Marte. La *marte* habite les deux tiers de la zone tempérée du nord, en commençant par les 67 degrés en Europe, les 64 degrés en Asie, et les 60 degrés en Amérique. Zimmermann prétend qu'elle se trouve au Madagascar, au royaume d'Anzico et dans la Guyane; mais la seule circonstance prouvée, c'est que la marte proprement dite, ainsi que la précieuse *marte sibeline*, est répandue dans les îles Aleutiennes, où la marte sibérienne ne parvient pas (1).

Lynx ou loup-cervier. L'extension de quelques autres espèces animales est douteuse. Le *loup-cervier* ou *lynx*, ce tigre des climats froids, n'existe qu'au sud du cercle polaire; dans l'ancien continent, il se montre jusque dans les Pyrénées et dans la Mongolie. On ne connaît qu'imparfaitement les animaux du Nouveau-Monde, surtout de la Caroline et du Mexique septentrional, auxquels on a donné le nom de *lynx*. Un

Élan. animal, qui de jour en jour devient plus rare, l'*élan*, semble craindre les froids extrêmes, puisqu'en Europe il ne passe guère au-delà du 64e parallèle; de l'autre côté, on ne le trouve pas au sud du 52e parallèle. En Asie, plus on avance vers l'est, plus il devient méridional. L'élan d'Amérique, quoique peu différent, paraît être d'une race particulière; du moins, l'élan d'Asie ne dépasse point le Kamtchatka et les îles Kuriles (2). La région de l'élan, en Amérique, commence sous le parallèle avec lequel elle finit en Europe, c'est-à-dire, au sud de la baie de Hudson, et s'étend jusqu'à la Nouvelle-Angleterre, ou même dans l'intérieur jusqu'à l'Ohio.

Écureuils, marmottes, etc. L'*écureuil volant* s'étend aussi loin au sud et au nord que les forêts de sapins où il fait sa demeure. La *marmotte* suit en Europe la chaîne des Alpes et des Carpathes. Elle

(1) *Georgi*, Descript. de la Russie, III, 1533 *sqq.*
(2) *Id.*, *ibid.*, 1607.

n'existe pas en Scandinavie, mais il y eu à en Pologne et en Ukraine. On la retrouve à l'embouchure du Don, et probablement au Caucase; elle habite les monts Ural, près la rivière de Kama, et de là cette race s'est étendue jusqu'en Daourie. Dans le Nouveau-Monde, elle se trouve depuis le Canada jusqu'en Virginie, et même sur les îles de Bahama. Le *blaireau* et quelques autres petits animaux habitent également la moitié septentrionale de la zone tempérée. Mais l'identité de ces espèces n'est ni suffisamment constatée, ni contredite d'une manière authentique.

Quadrupèdes propres à l'ancien continent.

Les quadrupèdes qui appartiennent exclusivement à l'un ou à l'autre des deux continens, sont en général d'une nature à ne pouvoir supporter le froid qui règne au-delà du 60e parallèle. Cependant le *lemming*, espèce de souris qui souvent marche par grands troupeaux, d'un pays dans l'autre, habite toute la zone glaciale de l'ancien continent, et n'a pas été reconnu en Amérique. L'animal *porte-musc* habite les montagnes de l'Asie, depuis le Cachemire et l'Altaï jusqu'aux embouchures de la rivière d'Amur; il ne s'est pas répandu dans le Nouveau-Monde. Il y a encore quelques exceptions moins remarquables.

Parlons d'abord de ces animaux qui semblent être attachés aux confins de la zone tempérée et de celle torride.

Chameau à deux bosses.

Le *chameau* à deux bosses paraît originaire de la Bactriane, ou Grande-Bucharie (1). Il vit dans la Turquie d'Europe, dans la Crimée, et jusque chez les Kirguises et les Baschkirs sous le 55e degré de latitude, et dans un climat fort rigoureux (2). Le chameau vit même dans toute la Sougarie, dans la Mongolie et dans le pays des Tartares-Mantcheoux, où l'hiver commence en septembre, et ne finit qu'en mai. Il ne s'étend pas au-delà du 28e degré, en Chine et aux Indes; il ne peut pas vivre dans la presqu'île en-deçà du Gange. Mais en Arabie, il a été transporté plus près de la zone torride.

Chameau à une bosse.

Le *dromadaire* ou le chameau à une bosse, connu par

(1) *Arist.*, Hist. anim., cap. 1. *Plin.*, VIII, 18. *Bochart*, Hierozoïcon, lib. II, cap. 4. p. 87-89.

(2) *Pallas*, Voyages en Russie, II, 302 *sqq.* III, 20 *sqq.*

sa légèreté à la course, paraît originaire de l'Arabie (1) ou de l'Afrique; il a été transporté jusque dans la Chine méridionale, mais il prospère surtout en Afrique, où il habite l'Egypte, toute la Barbarie, les bords du Sénégal et du Gambia, toute la Nigritie, et même la Guinée et l'Abyssinie. Nous avions conjecturé qu'il se trouvait même dans le centre de l'Afrique (2); les journaux anglais annoncent que l'on vient de l'observer au nord du pays des Boushouanas, sous le tropique du Capricorne; mais cette donnée est encore incertaine.

Les chameaux de l'une et de l'autre espèce semblent être principalement attachés à cette longue suite de plateaux montagneux et de plaines nues et élevées qui traversent tout l'ancien continent, et où ils trouvent les plantes salines, les *salsola*, les *statice*, les *artemisia*, le cerisier des stepps et le *cytisus hirsutus*, dont ils font leur nourriture ordinaire.

Gazelles, antelopes, etc.

L'agile *chamois* aime les montagnes de la zone tempérée, les cimes des Pyrénées, des Alpes, des Apennins, des Carpathes, du Caucase, et en Sibérie jusqu'aux bords de l'Ischim. L'*antelope-saiga*, et l'antelope à goître, habitent le plateau de Tartarie; le premier s'étend jusqu'au 53e parallèle. La *gazelle* aux yeux doux et brillans, aime les contrées plus méridionales; compatriote du chamois, dans le Caucase, elle s'étend jusqu'en Arabie, et à travers toute l'Afrique jusqu'en Sénégambie. On la retrouve dans la zone tempérée australe, et dans la Cafrerie, avec un grand nombre d'autres espèces d'antelopes. Le genre des *antelopes* suit, comme les chameaux, les grands plateaux de l'ancien continent. Cependant il y a des espèces qui paraissent propres à la zone tempérée froide.

Chakal.

Le *chakal* existe, selon Zimmermann, en Turquie, en Barbarie, au Bengale, et en général dans les pays d'Asie et d'Afrique situés entre 43 et 8 degrés de latitude nord. Mais un animal qui vit si près de la ligne, peut sans doute la passer; les prétendus loups du Congo et de la Cafrerie nous paraissent être des chakals.

(1) *Bochart*, l. c. (2) Géographie de toutes les parties du Monde, publiée par *Mentelle* et *Malte-Brun*, I. 518.

Le *buffle*, généralement considéré comme originaire de la zone torride, est devenu domestique, et a été transporté jusqu'au 46e parallèle boréal en Europe et en Asie. On pourrait croire que le *bonasus* décrit par Aristote, et qui vivait sauvage dans les montagnes de la Pæonie et de la Médie, canton de la Thrace, était une espèce de buffle (1). Deux autres espèces voisines ont chacune leur patrie à part : le *bœuf-grognant* ou l'*yak*, habite le plateau de la Mongolie et le Thibet ; le *buffle de Cafrerie* paraît répandu dans toute l'Afrique; car pourquoi ne rapporterait-on pas à cette espèce tous les récits des anciens (2) sur des taureaux monstrueux, carnivores, redoutables aux animaux et aux hommes, qu'on prétend avoir vus dans la Haute-Ethiopie, c'est-à-dire dans le Sennaar et l'Abyssinie, et auxquels Philostorge donne le nom de *tauréléphans ?* Ces rapports sont confirmés par des témoignages modernes (3). L'espèce à cornes mobiles, obscurément indiquée par les anciens, paraît avoir été reconnue de nouveau sur la côte de Mozambique. Peut-être retrouvera-t-on aussi un jour les bœufs ou buffles des Garamantes, que leurs cornes tournées vers la terre forçaient à paître à reculons.

Buffle.

Bœuf-grognant.

Buffle de Cafrerie.

Nous arrivons à des espèces propres à la zone la plus chaude de l'ancien continent.

Quadrupèdes de la zone torride de l'ancien continent.

La nombreuse espèce de *singes* gambade dans les forêts entre les tropiques, et n'aime guère les climats tempérés, du moins dans son état sauvage. Des singes exposés sur les rochers de Gibraltar, y ont multiplié, mais aussi ils ont dégénéré. Comme le mot *singe* a été pris dans une acception très-générique, on a dit que cet animal, quoique borné à la zone torride, se trouvait également dans les deux continens; mais en distinguant les espèces, on voit qu'il n'y en a point qui soit commune aux deux

Singes.

(1) *Arist.*, Hist. anim. II, cap. 1, 9; IX, cap. 45. De part. animal. III, 2. (2) *Agatharcid.* ap. *Phot.*, Biblioth. c. 39. *Strab.*, Geog. XVI, p. 533, édit. Casaub. I. *Plin.*, VIII, 21. (Il faut distinguer les bœufs d'*Inde* à très-grandes cornes, *Plin.* VIII, 45. *Ælian*, Hist. anim. XVII, 45.) (3) *Ludolf*, Comment. ad histor. Æthiop. I, cap. 10; III, cap. 11.

Régions de divers singes. mondes. Il y a même une limite bien tranchée entre la région qu'occupent les *guenons*, les *magots*, le *mandrill*, le *jocko* et les autres singes d'Afrique, et celle où habitent le véritable *ourang-outang*, le *gibbon*, le *wouwou*, singes les plus rapprochés de la figure humaine, et qui, se trouvant dans les îles de Bornéo et de Java, pourraient bien être originaires de la Nouvelle-Hollande ou de la Nouvelle-Guinée. Même dans le genre des *makis*, il y a des limites marquées à chaque espèce; les *loris* sont des Indes orientales; les *gallagos*, de la Sénégambie; et les *makis* proprement dits appartiennent à Madagascar (1).

Girafe. La *girafe* ou le *camélopardalis*, si remarquable par la hauteur de sa taille, par son cou de cygne, par ses mœurs douces et innocentes, semble n'appartenir qu'à une seule région de l'Afrique, savoir, à celle qui s'étend en longueur entre le cap Guardafui et celui de Bonne-Espérance, et à laquelle on doit joindre les plateaux montagneux qui, probablement, occupent tout l'intérieur méridional de l'Afrique, entre les sources du Nil et celles des rivières de Congo, de Benguela et de Monomotapa. Cette région presque inconnue, excepté sur les bords, semble être très-riche en espèces animales; on y connaît deux sortes

Zebra. d'ânes, le *zebra* et le *quagga*; on y voit le sanglier dans sa plus grande force; il y a lieu de croire qu'on y trouve plusieurs de nos animaux domestiques dans l'état sauvage, aussi-bien que sur le plateau central de l'Asie. Comme cette région de l'Afrique jouit d'une température peu chaude, la girafe paraît y être circonscrite, moins par le climat que par son extrême timidité. On la voit jusqu'au 28e parallèle du sud, mais seulement sur la côte orientale.

Rhinocéros à une et à deux cornes. Les deux variétés du *rhinocéros* ont chacune leur patrie; celle à deux cornes n'habite que l'Afrique méridionale, à commencer par le Congo et l'Abyssinie. L'autre, à une corne, se trouve aux Indes orientales et dans la Chine; dans ce dernier pays, les rhinocéros vivent jusqu'au 30e

(1) *Cuvier*, Tableau élément. p. 94 *sqq*.

parallèle du nord; ils se sont, de l'autre côté, répandus jusque dans les îles de la Sonde. Quelques relations font pourtant croire que des rhinocéros à une corne existent au Monomotapa (1); mais ne seraient-ils point d'une espèce particulière?

L'*hippopotame* est aujourd'hui borné à la seule Afrique; il se nourrit dans tous les grands fleuves de cette partie du monde : il se montre déjà en grand nombre près le cap de Bonne-Espérance. Hippopotame.

Les *éléphans* d'Afrique et d'Asie sont de deux races différentes, et qui probablement ne se sont pas mêlées; car l'éléphant asiatique n'habite que les Indes, la Chine, depuis la latitude de 30 degrés, et quelques îles au sud-est de l'Asie, où il a été conduit par l'homme : on ne trouve en Perse et en Arabie que ceux que de tems en tems on y mène; et l'on sait que l'éléphant ne multiplie pas lorsqu'il est en état de domesticité. L'éléphant africain ne monte qu'au 20e degré de latitude nord; de là, jusqu'au Cap, toute l'Afrique en est remplie. Éléphans d'Asie et d'Afrique.

Le *lion*, ce puissant et redoutable roi du peuple quadrupède, a perdu une grande partie de ses Etats; car il existait du tems d'Homère, et même de celui d'Aristote, en Grèce et en Asie-Mineure (2). On sait, par l'histoire profane et sacrée, qu'il y avait des lions en Arménie, en Syrie, en Palestine et en Egypte. Dans tous ces pays, le lion ne se montre plus. Ce terrible animal a appris à craindre les armes, encore plus terribles, de l'homme; il s'est retiré dans les contrées les moins peuplées; il habite les déserts de l'Arabie, d'où il fait des incursions aux environs de Bagdad. On le trouve, selon *Zimmermann*, dans les montagnes de l'Hindoustan et sur la côte de Malabar, sur les monts Gates, même dans les îles de la Sonde et dans le royaume de Siam; ce qui nous paraît extrêmement invraisemblable. L'Afrique a toujours été et Lion.

(1) *Thomann*, Voyage et biographie, p. 118 (en allemand).
(2) *Herod.* VII, c. 126. *Arist.*, Hist. anim. VI, c. 31.

est encore le pays qui nourrit le plus de lions, quoique les Romains, en les recherchant pour leurs spectacles sanguinaires, en aient diminué le nombre. Les plaines élevées, mais brûlantes, qui sont au-delà du mont Atlas, nourrissent les lions les plus forts et les plus courageux.

Tigre. Le *tigre*, moins répandu que le lion, monte plus près du pôle, s'il est vrai que Tournefort en vit plusieurs sur le mont Ararat. Les auteurs russes prétendent qu'on voit de tems à autre un tigre s'égarer jusqu'en Mongolie et aux bords de l'Ischym en Sibérie (1). Il existe aussi dans la Perse orientale et en Chine; mais les climats où il développe le mieux et son vaste corps et son caractère féroce, ce sont ceux de Bengale, de Decan, de Malabar, de Siam, de Pégu, de Ceylan et de Sumatra. C'est ici où le *tigre-royal*, digne favori des monarques de l'Orient, s'enivre du sang des esclaves qu'on livre à sa rage.

Panthère. Léopard. L'Afrique ne renferme point de vrais tigres : elle a en revanche les *panthères* et les *léopards*, deux espèces qui ne diffèrent sensiblement que par leurs taches, plus belles et mieux arrondies chez le léopard qui habite principalement la Guinée et la Sénégambie. Once. L'*once*, qui diffère de la panthère par son poil gris et son naturel plus doux, est plus répandue : on la trouve dans toute la Barbarie, dans l'Arabie, et jusque dans la Tartarie et la Chine. Elle se montre aux environs de Kutznesk en Sibérie.

Résultat sur les animaux de l'ancien continent. De cet aperçu de la distribution géographique des animaux propres à l'ancien continent, il semble résulter une vérité générale : l'*intérieur de l'Asie et celui de l'Afrique ont été, chacun de leur côté, les patries d'un certain nombre d'espèces animales*. Le tigre, l'éléphant indien, le chameau à deux bosses, le mouton sauvage, le *koulan* ou âne sauvage, le *dchiggetai* ou l'âne cheval, le bœuf grognant, l'élan, le porte-musc; voilà les animaux caractéristiques du plateau central de l'Asie. Ceux qui caractérisent le plateau oriental de l'Afrique, sont le lion,

(1) *Georgi*, Description de la Russie, III, 1519.

l'éléphant d'Afrique, le dromadaire, le buffle de Cafrerie, le zebra, le quagga, les guenons, les mandrills. Nous sommes persuadés que le plateau septentrional de l'Afrique ou le mont Atlas, le plateau occidental de l'Asie ou le Taurus, et le centre de l'Europe ou les Alpes, ont également eu leurs races animales indigènes; mais ces vérités générales, nous l'avouons, offrent un moindre degré d'évidence.

Si les deux grandes masses de l'ancien continent ont produit chacune ses races d'animaux, pourquoi le Nouveau-Monde n'aurait-il pas les siennes? Pourquoi la magnifique chaîne des Cordillières du Mexique et du Pérou aurait-elle été plus étrangère au mouvement général des forces vitales, que les plateaux d'Asie et d'Afrique? Quadrupèdes du Nouveau-Monde.

Il n'y a rien de plus naturel que de penser que le continent vaste et isolé de l'Amérique a eu aussi sa création à part. Les animaux, en très-petit nombre, qui ont pu passer d'un continent à l'autre par le nord, ne pouvaient guère parvenir à traverser les climats plus chauds du milieu de l'Amérique. Ainsi, l'Amérique méridionale, du moins, serait restée absolument déserte, si la nature, qui ne laisse aucune terre sans habitans, n'avait pas fourni au nouveau continent des espèces animales absolument étrangères à l'ancien monde.

Parmi les animaux qui appartiennent en propre à l'Amérique septentrionale, nous croyons qu'on peut compter le grand élan, nommé *moosedeer*, ainsi que le grand cerf de ces contrées; espèces qui, aux yeux d'un simple naturaliste, paraîtraient ne former que des variétés, mais dont la géographie-physique annonce la différence originaire, en rendant très-improbable leur prétendu passage d'Asie aux côtes nord-ouest d'Amérique. Les ours, les lynx, les onces des Etats-Unis, sont probablement aussi différens des animaux des mêmes noms dans l'ancien continent, que le sont les écureuils et les lièvres dont ils se nourrissent. Quadrupèdes de l'Amérique septentrionale.

Les *bisons*, ou les taureaux à bosse, sont les plus grands Bisons.

quadrupèdes du Nouveau-Monde. Ils errent en grands troupeaux depuis la baie de Hudson, dans tout le Canada, dans le territoire occidental des Etats-Unis, dans la Louisiane, au Nouveau-Mexique, et jusque sur les bords de la mer Vermeille, autrement golfe de Californie ; ainsi ils vivent depuis le 52e au 33e parallèle de latitude nord. Ils diffèrent des *zebus* de l'Inde et de l'*urus* de l'Europe ; mais la laine épaisse qui revêt leur dos et leur cou, ainsi que la barbe qui couvre leur menton, rappellent, il faut en convenir, les *bisons* décrits par les anciens comme un animal de la Scythie (1).

Bœuf musqué. On parle d'un *bœuf musqué* qui doit habiter les extrémités de l'Amérique, entre le Welcome, la baie de Baffins et la rivière du Cuivre ; selon d'autres, il s'étendrait jusque vers l'Océan Pacifique (2). On prétend que c'est une espèce de buffle ; mais les relations sont encore un peu vagues à cet égard. Le cerf mexicain s'est répandu dans les deux Amériques, de sorte qu'on ne saurait indiquer sa patrie ; mais l'animal semblable à un grand mouton, qu'on a observé au nord de la Californie, paraît être différent des espèces analogues que possède le Pérou.

Quadrupèdes de l'Amérique méridionale. Nous arrivons aux animaux indigènes de l'Amérique méridionale. L'*yaguar*, le tigre du Nouveau-Monde, ressemble plutôt à l'once pour la force, et à la panthère par le poil. Zimmermann prouve, d'après plusieurs voyageurs modernes, qu'il y a, parmi l'espèce des yaguars, des individus qui égalent le tigre en grandeur. Le *puma*, ou le *couguar*, qui a été appelé lion d'Amérique, ressemblerait plutôt au loup pour le corps, et au léopard de Guinée pour la tête. Ce sont deux espèces absolument étrangères à l'ancien monde. Les yaguars qu'on a cru voir au Mexique étaient probablement des onces ou des lynx. Il est également douteux que cet animal se soit répandu jusque dans le froid pays des Patagons. Le *couguar* ne s'étend que jusqu'au 45e degré de latitude australe.

(1) « Villosi *terga* bisontes. » *Sen.* Hippol., v. 64. (2) *P. Marco da Nisa*, cité par *Zimmermann*, Almanach de Voyages, 1806, p. 73.

Le *lama* ou *guanaco*, qu'on a nommé très-improprement le chameau du Nouveau-Monde, et le *paco*, qui, dans l'état de domesticité, s'appelle *vicunua* ou vigogne, habitent le Chili ou le Pérou jusqu'au 10e parallèle de latitude méridionale; ils ne se répandent point dans les plaines de Tucuman ni dans celles du Paraguay (1). Lama. Vigogne.

Le *tapir*, le plus grand quadrupède de l'Amérique méridionale, quoiqu'il n'ait que la hauteur d'une vache; l'armadille, le tajassou, le paresseux aï, le *fourmillier* proprement dit, le *tamanoir*, les divers *agoutis* et *coatis*, espèces qui toutes reconnaissent l'Amérique méridionale pour leur patrie, ne s'étendent en général que jusqu'au tropique. Le tajassou cependant, selon quelques rapports, se trouve dans le Chili. Les petits *singes à queue*, les *sapajous*, les *sagouins*, les *tamarins*, et autres espèces semblables, sont très-nombreuses, très-variées et très-jolies dans toute la zone torride de l'Amérique : elles diffèrent essentiellement des singes d'Afrique et d'Asie. Tapir. Fourmillier, agoutis, etc. Sapajous, sagouins, etc.

Aux confins de la zone tempérée se montrent des cerfs de plusieurs espèces, le castor de Chili, divers *caviais*, semblables aux lièvres, et, selon Molina, le cheval à pied bifourchu. Les espèces qui appartiennent exclusivement au nouveau continent sont, comme on voit, très-nombreuses, mais d'une taille infiniment plus petite que les espèces analogues qui vivent sous les mêmes latitudes dans l'ancien monde. La géographie-physique nous apprend les causes de cette particularité. Ne connaissons-nous pas la configuration particulière du continent américain? Des montagnes froides et en partie arides cèdent immédiatement la place à des forêts marécageuses, à des plaines habituellement inondées. La zone torride, en Amérique, offre peu d'étendue en terrain; la zone tempérée, au nord, est envahie par de froids marais; celle du sud ne renferme qu'une pointe du continent. Ainsi, partout, dans ce continent, les grandes espèces animales Sur la petite taille des animaux d'Amérique.

(1) *Helms*, Voyage de Buenos-Ayres à Lima. *Azara*, quadrupèdes de Paraguay.

ou sont étrangères au climat, ou n'y trouvent pas un espace libre pour se développer. Mais les animaux convenables au climat de l'Amérique, et que l'on y apporte, n'y perdent point leur taille, leur beauté, leur force. Le cheval et le bœuf n'ont point dégénéré dans les vastes pâturages du Paraguay. Si la race humaine a paru s'abâtardir en Amérique, attribuons ce phénomène au désordre politique des colonies mal organisées, et aux vices d'une population ramassée sans choix.

Si les reptiles et les insectes abondent en Amérique, s'ils y parviennent à une taille plus grande qu'ailleurs, ce n'est que relativement aux parties connues de l'Afrique. Ces parties, peuplées de tems immémorial, ont vu leurs animaux primitifs fuir devant l'homme; mais qui sait si l'intérieur de cette terre inconnue n'offre pas de vastes marais, aussi peuplés de reptiles et d'insectes que le sont les côtes de la Guyane? D'ailleurs, le Delta du Gange ne fourmille-t-il pas de serpens énormes?

Caractère de la zoologie de l'Amérique méridionale.

Le caractère distinctif de la zoologie américaine méridionale consiste donc principalement dans la différence des espèces, différence qui prouve combien cette grande péninsule est restée étrangère au reste du monde : elle n'a même reçu aucune espèce animale de l'Amérique septentrionale, tandis que celle-ci a vu le nombre de ses animaux s'augmenter de quelques-uns de ceux de l'Amérique méridionale.

Quadrupèdes des Terres Océaniques.

Il reste à considérer un foyer de population animale encore peu connu, mais certainement bien distinct de ceux que nous avons examinés. Les îles au sud-est de l'Asie, ainsi que la grande île nommée Nouvelle-Hollande, se trouvent dans une position très-semblable à celle de l'Amérique méridionale. Elles doivent être les berceaux de races animales très-différentes de celles des deux continens; mais ces races se sont peu répandues dans le reste du vaste archipel qui occupe le milieu du grand Océan.

Kangourou, wombat, etc.

On n'y a trouvé ni les *ornithorinques*, ni les *wombat*, ni les *opossums*, ni les *kangourous*, animaux particuliers à

la Nouvelle-Hollande. Remarquons cependant que ces espèces se rapprochent des didelphes, communes dans les îles voisines de l'Asie; que les *opossoums* existent aux Moluques, et qu'à Java il y a des *kangourou-philandres*. De même, si le phalanger volant habite la Nouvelle-Hollande, le phalanger blanc demeure à l'île d'Amboine. Labillardière trouva le lézard d'Amboine aux îles des Amis. Ajoutons que le *casoar* appartient en commun aux îles Moluques, à Java et à la Nouvelle-Hollande; et, sans attendre qu'on ait découvert ou non, dans cette grande île, le *babiroussa* ou cerf-cochon, le *cervus-axis*, l'*ou-rang-outang* et d'autres mammifères de Bornéo, des Philippines et des Moluques, nous pouvons considérer la cinquième partie du monde, ou les terres Océaniques, au sud-est de la mer de la Chine, comme la patrie d'une masse d'espèces animales dont les découvertes ultérieures augmenteront le nombre et éclairciront l'analogie. Cerf-cochon, ourang-outang, etc.

Telles sont les notions générales que nous avons pu donner sur la distribution géographique des animaux. Quelque imparfaites qu'elles soient, elles aideront nos lecteurs à classer les nombreux détails que renfermeront nos descriptions particulières des régions et des contrées.

LIVRE QUARANTE-QUATRIÈME.

Suite de la Théorie de la Géographie. De la Terre, considérée comme la demeure des êtres organiques. TROISIÈME SECTION : *De l'Homme physique.*

La terre dominait au-dessus des mers; les nuages envoyaient leur douce rosée; les ruisseaux serpentaient dans la plaine; les forêts revêtaient les flancs de la montagne; les fleurs émaillaient la colline; dans les airs et au fond de l'Océan, et sur toute la surface du globe, les animaux divers se livraient aux mouvemens de leur intelligence imparfaite. Mais aucun être ne concevait la majestueuse harmonie de ce vaste univers qui venait de naître; aucune pensée, libre et immortelle, ne planait au-dessus de toute cette poussière animée; aucun œil ne s'élevait, humide de larmes pieuses, vers la source éternelle de la vie. Le Créateur du monde voulut qu'il existât des êtres capables de comprendre son divin ouvrage, et l'*homme* naquit.

Dignité de l'homme. L'organisation physique de l'homme, en lui rendant communes ces lois de génération, d'accroissement et de destruction, auxquelles toute la nature vivante est soumise, porte cependant, dans toutes ses parties et dans son ensemble, un caractère si particulier, si extraordinaire, si sublime, qu'il est impossible de supposer aucune parenté, proche ou éloignée, entre les brutes qui ne font que vivre sur la terre et celui qui est né pour y commander. Cette allure droite et élevée, qui annonce le courage et la dignité; ces mains, fidèles exécutrices de notre volonté, ouvrières adroites des travaux les plus surprenans ou les plus utiles; ces yeux, détournés de la vile poussière, et dont le regard pensif embrasse l'immensité des cieux; ces organes qui nous permettent d'exprimer la pensée par des sons articulés, variés et nuancés

à l'infini ; ce mélange admirable de force et de souplesse dans tous nos membres ; en un mot, l'harmonie et la perfectibilité de tous nos sens, nous assignent le premier rang parmi tous les êtres vivans, et nous assurent l'empire de la terre.

L'anatomie et la physiologie ont mis ces vérités hors d'atteinte (1). Les naturalistes qui ont prétendu confondre l'espèce humaine avec celle des singes, malgré la différence essentielle des pieds, du bassin et des organes de la voix, paraissent n'admettre aucun principe constant pour la classification des espèces.

Effets de notre organisation.

Même les désavantages apparens de notre organisation hâtent le perfectionnement de notre existence. Doués de la force du lion, cuirassés comme l'éléphant, couverts d'une peau impénétrable au froid et à l'humidité, nous serions peut-être restés engourdis dans une stupide indolence, sans arts et sans industrie. La délicate faiblesse du corps humain, au moment de sa naissance, la lenteur de son accroissement, la multiplicité de ses besoins, toutes ces infirmités, tous ces maux que la nature nous a donnés pour escorte, sont autant d'aiguillons qui ont excité notre sens intérieur, autant de lieus qui ont uni l'homme à l'homme, et fait naître les premières sociétés. De la faiblesse prolongée de notre enfance, résulte la société intime des parens et des enfans ; de cette association naît la perpétuité de l'union conjugale. La réunion des hommes en familles est suivie de la formation des tribus et des nations. C'est en se réunissant à ses semblables, sous une commune loi, que l'homme s'est, pour ainsi dire, créé homme ; c'est en appréciant sa faiblesse, et en inventant des instrumens, qu'il s'est emparé des forces infinies de la nature entière : il a senti son indigence ; voilà sa vraie richesse.

Unité de l'espèce humaine.

Cet animal, si distingué de tous les autres, forme dans la série des êtres un *ordre* isolé, qui ne contient qu'un

(1) Voyez *Cuvier*, Leçons d'anatomie comparée, etc.

seul genre et une seule *espèce* ; car on entend par espèce un ensemble d'êtres organiques qui se reproduisent entre eux, et qui ne diffèrent que par des qualités variables et étrangères aux caractères qui constituent l'espèce. Or, toutes les races humaines que nous connaissons, produisent, par leurs mélanges, des individus féconds ou capables de produire à leur tour. D'un autre côté, les différences qu'on observe entre ces races se bornent à des qualités que nous voyons encore tous les jours varier par l'influence du climat, de la nourriture et des maladies (1).

La première de ces assertions n'a pas besoin d'être développée ; on connaît assez les nombreuses classes de *métis* et de *mulâtres* qui ont produit les unions des diverses races humaines. Quant au second point, il est bon d'observer que les différences par lesquelles se distinguent les variétés des espèces, sont relatives ou à la *stature*, ou à la *physionomie*, ou à la *couleur*, ou à la nature des *cheveux*, ou enfin à la *forme du crâne*.

Différences des variétés de l'espèce.

Personne n'ignore qu'une vie simple, une nourriture abondante, un air salubre, donnent à tous les êtres organiques des formes plus belles et plus grandes. L'exemple des Lapons et des Hongrois, dont la langue indique l'origine commune, et qui diffèrent extrêmement par la taille et la physionomie, prouve assez que la beauté de la même race varie selon le climat et selon les qualités du pays. Les Germains de Tacite, ces Patagons de l'Europe ne se trouvent plus dans l'Allemagne civilisée, tandis que le Hollandais, dans l'intérieur de la colonie du Cap, est devenu un géant (2). Combien de contrastes ne rencontre-t-on pas dans une seule nation et à de petites distances ! Les paysannes de la Westrogothie sont des Vénus, et celles de la Dalécarlie sont généralement laides, quoique l'une et l'autre provinces soient au centre de la vraie patrie des Goths (3).

Causes des différences de nature.

(1) *Blumenbach*, de Varietate nativâ generis humani, traduit en français par M. *Chardel*.

(2) *Barrow*, Voyage au Cap. *Sparmann*, *Thunberg*, etc.

(3) *Arendt*, Voyage en Suède, I, 234, etc.

Les passions violentes, le joug de l'hypocrisie, les occupations tristes ou agréables, les habitudes de l'activité ou de l'inertie impriment un caractère permanent aux physionomies des nations entières.

Plusieurs différences de physionomie sont l'ouvrage de l'art, du moins en partie. D'après les rapports nombreux de témoins oculaires, il est certain que les nègres (1), les habitans du Brésil et les Caraïbes (2), les peuples de Sumatra et ceux des îles de la Société (3), dépriment et aplatissent soigneusement le nez des nouveau-nés; usage qui, sans doute, ne peut pas faire naître cette configuration héréditaire, mais qui contribue à rendre les exceptions infiniment rares. Physionomie artificielle.

Les variétés de couleurs semblent également dépendre des circonstances extérieures. La même nation renferme souvent des individus de teintes extrêmement différentes. Les dames maures, enfermées dans leurs maisons, ont le teint d'une blancheur éblouissante, tandis que les femmes du peuple deviennent, même dans la jeunesse, d'une couleur qui approche de celle de la suie (4). Les Abyssins montagnards sont aussi blancs que les Espagnols ou les Napolitains, tandis que ceux des plaines ont le teint presque noir (5). Parmi les Créoles ou les Européens nés aux Indes, les femmes se distinguent de leurs sœurs nées en Europe, par le feu de leur regard et la couleur d'ébène de leur chevelure (6). La cause de la couleur réside dans le tissu muqueux et réticulaire, qui est immédiatement sous l'épiderme. Si, par l'influence d'une extrême chaleur, ou par quelque autre cause locale, le carbone surabonde dans l'économie animale, il est rejeté au-dehors avec l'hydrogène, par l'action des vaisseaux sanguins du derme; mais Causes des variétés des couleurs.

(1) Report of the commitee, for the consideration of slave trade 1789, fol. p. 1. fol. c. 1. (2) *Lery*, Voyage au Brésil, p. m. 98, 365. *Delaborde*, Relation des Caraïbes. Paris, 1674, p. 129. (3) *Marsden*, History of Sumatra, p. 38. *Forster*, Bemerkungen, etc., p. 433 et 516.
(4) *Poiret*, Voyage en Barbarie, I, 31. (5) *Bruns*, Afrika, II, 119.
(6) *Hawkesworth*, Collection of voyages, III, p. 374.

le contact avec l'air atmosphérique l'ayant précipité, il vient se fixer dans le réseau muqueux. Cette application, fournie par la chimie moderne, nous fait concevoir pourquoi la peau des hommes blancs noircit dans certaines maladies, tandis que les nègres, dans le même cas, blanchissent, ou plutôt jaunissent. L'un et l'autre phénomènes indiquent un dérangement dans les sécrétions. Mais nous ne dissimulerons point le seul inconvénient de cette explication : Si les nègres descendent d'une race originairement blanche, il a fallu des millions d'années pour que l'action répétée du climat leur rendît la couleur noire héréditaire. Or, les monumens géologiques semblent démontrer le peu d'antiquité du genre humain. « Ainsi, nous diront » certains philosophes, ou accordez-nous pour l'action » des causes qui ont formé les races humaines, une » immense série de siècles, ou avouez que ces races, » si elles n'existent que depuis 5 à 6000 ans, ont dû » naître de couples différens, et qui déjà offraient tous » les caractères de leurs descendans. » C'est par une suite d'observations sur les nègres transportés de la Nouvelle-Ecosse et ailleurs, que nos arrière-neveux pourront être mis à même de résoudre cette difficulté.

Difficulté au sujet de la couleur.

Variétés des cheveux.

Les nombreuses variétés des cheveux dépendent également des sécrétions des substances élémentaires dont le corps se compose. Mais ici se présente une contradiction dans les faits. Parmi les nations civilisées de l'Europe, la couleur des cheveux devient constamment plus claire, à mesure qu'on avance vers le nord ; parmi les nations sauvages ou barbares de l'Afrique, de l'Asie et de l'Amérique, on retrouve une même couleur de cheveux dans des climats absolument différens. Ainsi, tandis que l'Italien aux cheveux noirs et le blond Scandinave, bien qu'appartenans à la même variété de l'espèce humaine, offrent des effets sensibles de l'action du climat, les Lapons et les Samojèdes ont les cheveux aussi noirs et aussi rudes que le Mongol, le Tibetain et le Chinois, à la race desquels d'autres raisons les font joindre. Tous les peuples nègres

ont les cheveux laineux, même les Jalofs qui les ont un peu plus longs et moins frisés (1). Il ne paraît pas non plus que les cheveux américains offrent des nuances comparables à celles qu'on voit chez les nations européennes. On pourrait tenter d'expliquer ce fait en supposant que les nations de la race européenne, séparées de bonne heure, ont occupé des pays extrêmement diversifiés sous le rapport du climat, et qu'elles se sont livrées à des genres de vie très-différens, selon le génie de chacune d'elles, tandis que les peuples de la race mongole ou nègre ont dû se multiplier d'abord dans une région physique d'où ils se sont répandus, tout formés, dans les pays qu'ils habitent. Au surplus, cette explication ne pouvant s'appliquer aux Américains, ne résout pas entièrement la difficulté; la nature des cheveux reste toujours un des argumens les plus spécieux en faveur du système qui admet plusieurs *espèces* d'hommes.

Leur cause chez l'Européen.

Observons pourtant que, dans la race européenne, la couleur des cheveux semble changer avec la civilisation, ou, si l'on aime mieux, avec la dépravation des nations. La race blonde qui, du tems d'Homère, fournissait à la Grèce des rois et des héros, dominait encore au siècle de Tacite, en Gaule-Belgique et en Germanie; aujourd'hui, elle semble s'éteindre dans les villes du nord. Est-ce que les alimens épicés, les boissons riches en alcohol, le luxe et les voluptés changent peu à peu la constitution physique de la partie la plus amollie des nations septentrionales?

Influence de la civilisation.

Les variétés de *la forme du crâne* semblent être de plus d'importance que toutes celles que nous avons examinées; cependant, depuis que les savantes recherches de M. Gall (2) ont démontré que la configuration extérieure du crâne dépend de la forme du cerveau, on ne saurait considérer ces diversités dans une substance molle et sus-

Variétés de la forme du crâne.

(1) *Bruns*, Afrika, V, 69. (2) *Gall* et *Spurzheim*, Anatomie du cerveau, etc., avec fig. Chez *Schoell*.

ceptible de prendre toutes les formes, comme un caractère propre à indiquer une diversité d'espèce. La forme du crâne nous paraît dépendre, autant que la physionomie, du caractère moral des individus. Quoiqu'il ne soit pas possible d'assigner à chaque passion, à chaque talent un organe particulier dans le cerveau, il semble constant que les hommes doués de beaucoup de talens et de passions fortes ont la tête plus garnie d'éminences ou de bosses que la multitude. Un autre fait, c'est que la nation où les individus se ressemblent le plus par le caractère, la nation qui s'est le moins mélangée, offre une forme nationale constante du crâne; quand on a vu une tête de Hindou, on les a vues toutes (1); au contraire, en Europe où les caractères varient extrêmement, on trouve des crânes de toutes les formes, même les plus éloignées de ce qui nous en semble le type régulier.

Cause générale.

Outre cette cause générale, à laquelle il faut joindre l'influence du climat et de la nourriture, la forme du crâne dépend souvent d'une cause artificielle. Une pression exercée continuellement pendant une longue suite d'années, donne bien plus souvent aux os planes du crâne une configuration particulière, qui devient même nationale. Cet effet peut dépendre de la manière dont plusieurs nations placent leurs enfans dans le berceau, ou bien d'une compression manuelle, exercée avec soin pendant longtems. *Vesale* rapporte que, de son tems, les Allemands avaient presque tous la tête aplatie postérieurement, et élargie sur les côtés, parce qu'on les couchait constamment sur le dos pendant qu'ils étaient au berceau (2). Les Belges, accoutumés au contraire à mettre les enfans dormir sur le côté, se faisaient remarquer par la longueur de la tête. Les Américains sauvages, depuis la Caroline méridionale jusqu'au nouveau Mexique, ont tous le crâne déprimé, parce qu'ils donnent dans le berceau, à leurs enfans, une position déclive, de manière que le vertex

Cause artificielle.

(1) Comp. le bel ouvrage : *Les Hindous*, par M. *Solvyns*.
(2) *Vesale*, cité par *Blumenbach*, § 63.

qui repose sur un sac rempli de sable, supporte tout le poids du corps (1).

Un usage qui a existé chez les nations les plus autiques comme chez les modernes, dans nos climats et dans les pays les plus éloignés, c'est de ramener la tête des nouveau nés à une forme nationale, au moyen de liens, d'instrumens différens, ou de la simple pression des mains. Cette habitude eut lieu jadis, ou se retrouve encore aujourd'hui chez les habitans de plusieurs parties de la Germanie (2), chez les Belges (3), les Français (4), chez quelques peuples d'Italie, chez les Insulaires de l'Archipel Grec (5), les Turcs, les anciens Sigynes et les Macrocéphales du Pont-Euxin (6); elle est en vigueur chez les habitans de Sumatra, de Nicobard (7), et surtout chez différentes nations de l'Amérique, telles que les peuples du détroit de Nootka (8); les Chactas, nations indigènes de la Géorgie; les Waxsaws de la Caroline, les Caraïbes, les Péruviens (9), les Omagnas (10), et chez les nègres des Antilles (11). Cet usage fut défendu dans l'Amérique espagnole par le décret d'un concile (12). On possède les descriptions les plus exactes des moyens que ces sauvages employaient pour donner à la tête de leurs enfans, par une pression uniforme, la configuration qu'ils désiraient (13). Ce fait étant démontré par tant de témoignages authentiques, il reste, à la vérité, encore à prouver si

Peuples qui se déforment le crâne.

(1) *Adair*, History of the North American Indians, p. 9.

(2) J. Chr. Gottl. *Ackermann*, dans Neues Magasin fur Aerzte de *Baldinger*, t. II, p. 5-6. (3) *Spigel*, de Hum. Corp. Fabricâ, p. 17.

(4) *Andry* Orthopedie, t. II, p. 3. (5) *Philites*, Médecin épirote, cité par *Blumenbach. Strabon*, L. XI, p. 358. *Hipp.*, de aërib. aq. et loc. (6) *Marsden*, History of Sumatra, p. 38. (7) *Nic. Fontana* dans *Asiatic Researches*, t. III, p. 151. (8) *Meares's*, Voyages, p. 349. (9) *Oviedo*, Histoire gener. de las Indias. *Torquemada*, Monarchia Indianâ, t. III. *Ulloa*, Relacion del viage, t. II, p. 533.

(10) *La Condamine*, Mém. de l'Acad. des Sciences, 1745, p. 427.

(11) *Thibault de Chanvalon*, Voyage à la Martinique, p. 39.

(12) *Jos. Saenz de Aguire*, Collectio maxima conciliorum omnium Hispaniæ et novi orbis, t. VI, p. 204.

(13) Journal de Physique, d'août 1791, p. 32.

Si ces formes deviennent héréditaires?

les formes du crâne obtenues par ces moyens finissent, après une longue suite de générations, par être héréditaires, et devenir une conformation naturelle. Hippocrate, dans son Traité des airs, des eaux et des lieux, parle en particulier des *Macrocéphales*, nation voisine du Pont-Euxin. Selon lui, aucun autre peuple n'a la tête faite comme eux; cette conformation particulière dans le principe, dépendait de leurs usages. Les Macrocéphales regardaient la longueur de la tête comme un indice de courage; d'après cette opinion, ils pétrissaient la tête des enfans nouveau-nés, et tâchaient, par différens moyens, de l'allonger aux dépens de sa largeur. Cette forme finit par devenir naturelle, et il fut inutile de rien faire pour la produire.

Variétés de diverses parties du corps.

Il y a encore d'autres diversités dans les formes du corps humain qui paraissent propres à des nations, et peut-être à des variétés entières de l'espèce humaine. On prétend que plusieurs tribus sauvages ont les oreilles mobiles; mais c'est probablement par une mauvaise plaisanterie que plusieurs auteurs ont assuré que les anciens Bataves avaient les oreilles d'une difformité particulière, et que chez les Biscayens, cette partie est d'une longueur remarquable. Les mamelles pendantes des négresses sont dues à l'usage d'allaiter les enfans suspendus derrière le dos. L'ampleur de cette partie semble appartenir au climat chaud et humide. Les nègres ont, à ce qu'on assure, les signes de la virilité très-prononcés. Les femmes mongoles peuvent encore, après plusieurs accouchemens, se faire passer pour vierges (1). Nous parlerons autre part de la difformité des femmes Boschismanes, dans l'Afrique australe. Chez les peuples de la mer du Sud ou du Grand-Océan oriental, les chefs et les grands doivent, à leur paresse et à leur manière de s'asseoir, des jambes singulièrement enflées. Peut-être aussi l'*éléphantiasis*, maladie commune en Afrique, en Arabie et dans l'Indostan (2), étend-elle son empire sur

(1) *Georgi*, Description des nations de la Russie, II, 200. (2) *Allard*, Histoire d'une maladie particulière au système lymphatique.

les Terres Océaniques. Les jambes torses ou cambrées des nègres avaient déjà frappé les anciens (1), et paraissent également communes aux nations mongoles (2). On attribue cette difformité, soit à l'équitation prématurée, soit à la position des enfans, qui, fixés pendant l'allaitement sur le dos de leurs mères, s'y appuient fortement avec les genoux.

Il y a des variétés plus essentielles dans la proportion des membres inférieurs, et qui tiennent à la race. Les sauvages de la Nouvelle-Hollande ont les jambes extrêmement longues et minces (3). Il n'est pas vrai que cette particularité se retrouve chez les Hindous, comme l'assure un observateur peu digne de confiance (4). Mais il paraît certain que les Mongols et les Américains ont les jambes et les cuisses trop courtes en proportion du reste. Plusieurs nations ont naturellement les mains et les pieds petits. On a observé sur les armes des Hindous, qu'on apporte fréquemment en Angleterre, que la poignée des sabres est trop petite pour la plupart des mains européennes (5). On cite encore les Chinois, les Kamchadals, les Esquimaux, les Péruviens, les Hottentots et les habitans de la Nouvelle-Hollande (6). Variétés dans la proportion des pieds et des bras.

Les diverses nations diffèrent encore beaucoup par le degré de force dont elles sont douées. Les belles expériences de MM. Péron et Régnier ont prouvé que les nations sauvages, ou à demi-civilisées, le cèdent aux Européens pour tous les genres de force active; mais nous pensons qu'elles possèdent dans un degré plus éminent cette force passive qui résiste à l'intempérie des saisons. Divers degrés de force

(1) *Arist.*, Problem., V, 14, etc., etc. (2) *Pallas*, sur les Nations mongoles, t. I, p. 98. (3) *Péron*, Voyages aux terres australes, *Atlas* pl. XX. (4) *La Boullaye le Gouz*, Voyages et Observ., p. 153. Comp. *Solvyns*, l. c. (5) *Hodge*, Travels in India, p. 3. (6) *De la Barbinais*, Voyag. autour du monde, t. II, p. 62. *Dampier*, Suite du voyage autour du monde, p. 100. *Wales*, Philosoph. transact., t. LX, p. 109; et *Curtis*, ibid., t. LXIV, p. 383. *Watkin Tench*, Account of the Settlement of Port Jackson, p. 179.

Cinq variétés principales.

En résumant toutes les observations faites par les voyageurs, le célèbre *Blumenbach* réduit toutes les variétés de l'espèce humaine à *cinq types principaux*, auxquels, après un mûr examen, nous croyons ne devoir apporter que de légères modifications.

Variété central de l'ancien continent.

La première variété occupe les parties centrales de l'ancien continent, savoir, l'Asie occidentale, l'Afrique orientale et septentrionale, l'Indostan et l'Europe. Ses caractères sont la couleur de la peau plus ou moins blanche ou brune, les joues teintes d'incarnat, les cheveux longs, bruns ou blonds, la tête presque sphérique, la face ovale, étroite, les traits médiocrement prononcés, le front uni, le nez légèrement arqué, la bouche petite; les dents incisives des deux mâchoires placées perpendiculairement; les lèvres, et surtout l'inférieure, mollement étendues; le menton plein et rond : la régularité des traits de ce visage, qui est celui des peuples d'Europe, le fait en général regarder comme le plus beau et le plus agréable. Les traits de l'Hindou, ceux de l'Abyssinien et du Bréber, habitant du mont Atlas, ne diffèrent pas essentiellement de ceux des Européens; il n'y a que la peau qui est rembrunie par l'effet du climat, et qui d'ailleurs, chez l'Hindou et l'Abyssinien même, prend une teinte très-claire dans les provinces montagneuses. M. Blumenbach désigne cette race sous le nom de *Caucasienne;* mais ce nom blesse les droits de l'histoire civile, qui n'a aucune raison pour croire les peuples du Caucase plus anciens que ceux du mont Atlas ou des Alpes. Ni la physiologie, ni la géographie-physique, ne fournissent la moindre preuve d'une origine commune de cette variété de l'espèce humaine; elle a pu se former partout où existent les causes physiques dont elle dépend.

Variété orientale de l'ancien continent.

La deuxième variété est celle qu'on avait d'abord si mal désignée sous le nom de *tartare*, quoique les Tartares proprement dits n'y appartiennent point; nous l'appellerons *variété* ou *race orientale de l'ancien continent*. En voici le caractère : couleur jaune; cheveux noirs, roides, droits et peu fournis; la tête presque quadrangulaire; la

face large, à la fois plane et déprimée ; les traits peu marqués et comme fondus ensemble ; l'espace entre les sourcils, large et uni ; le nez petit et camus ; les joues globuleuses et saillantes en dehors ; l'ouverture des paupières étroite et linéaire ; le menton pointu.

Cette variété se compose de tous les Asiatiques à l'orient du Gange et du mont Belour, excepté les Malais de l'extrémité de la péninsule au-delà du Gange. En Europe, on la retrouve, selon Blumenbach, chez les Lapons, chez les Finois, et en Amérique, chez les Esquimaux répandus depuis le détroit de Behring jusqu'au Groenland. Mais nous nous sommes convaincus qu'il faut rapporter les Finois, descendans des anciens Scythes d'Europe, à la première variété, dont ils forment une très-ancienne subdivision, ayant connu les Celtes et les Basques, leur physionomie et leur idiome à part, ainsi qu'il sera démontré dans notre description de l'Europe.

La race orientale de l'ancien continent, circonscrite dans les bornes que nous venons de tracer, offre une remarquable identité de teinte, de physionomie, de forme du crâne, et même, ainsi que nous le verrons dans la suite, de langues.

La variété américaine se rapproche, à plusieurs égards, de celle que nous venons de considérer. En voici les principaux caractères : couleur cuivrée ; cheveux noirs, droits, roides et rares ; front court ; les yeux enfoncés, le nez presque camus et cependant saillant ; en général, les pommettes éminentes ; la face large sans être plane ni déprimée ; les traits, vus de profil, paraissant très-prononcés et comme profondément sculptés. La forme du front et du vertex est souvent ici un produit de l'art. Variété américaine.

Cette variété occupe toute l'Amérique, excepté les extrémités septentrionales, habitées par les Esquimaux. Elle paraît renfermer plusieurs branches qui diffèrent considérablement, soit par le teint, qui, blanc chez les Kristinaux, arrive presque au noir chez les Brésiliens, soit par les traits et par la forme du crâne, tantôt aplati et tantôt



allongé. Tous ces peuples ont de la barbe (1), mais elle est faible; il y en a qui, à l'instar de quelques nations mongoles et malaies, se l'arrachent. Le préjugé qui représente les Américains comme imberbes a été propagé par le philosophe *Paw;* un écrivain encore plus accrédité, l'historien *Robertson*, a prétendu que tous les Américains ont les mêmes traits de visage : tant les vérités de la géographie-physique ont été méconnues ou dédaignées par ceux qui ont écrit l'histoire de l'homme.

Variété des terres Océaniques

Nous allons revenir vers l'est pour considérer la quatrième variété de l'espèce humaine : c'est celle des terres Océaniques, désignée par Blumenbach sous le nom trop arbitraire de *race malaie*. En voici le caractère encore très-incertain : couleur basanée ; cheveux noirs, mous, épais, abondans et frisés ; la tête légèrement rétrécie ; le front un peu bombé ; le nez gros, large, épaté ; la bouche grande ; la mâchoire supérieure un peu avancée ; les traits, vus de profil, paraissent marqués et distincts.

Cette variété comprend les insulaires de la mer Pacifique, les habitans des îles Marianes, Philippines, Moluques, de la Sonde, et les indigènes de la péninsule de Malaca, la plupart des habitans de la Nouvelle-Hollande et ceux de la Nouvelle-Zélande, peut-être même quelques-unes des nations de Madagascar. Mais qu'il est difficile de rien statuer sur des peuples aussi imparfaitement connus, et qui paraissent renfermer des tribus d'origine diverse ! L'immortel Quiros, qui le premier découvrit les îles de la Société, distingua soigneusement la disparité qui existe entre leurs habitans ; il dit que les uns ressemblent aux blancs, les autres aux mulâtres, et enfin aux nègres (2). Des voyageurs plus modernes ont également comparé la caste dominante dans l'île d'Otaïti aux Européens du midi, et le peuple aux mulâtres (3). L'extension très-

(1) *Blumenbach*, Magasin de Gottingue, etc., etc.

(2) *Quiros*, dans *Dalrymple*, Collect. of Voy. to the South pacific Ocean, t. I, p. 161.

(3) *Bougainville*, Voyage autour du monde, p. 211.

grande de la langue malaie, qui a d'abord fait supposer l'identité de ces nations, pourrait ne provenir que d'anciennes migrations et conquêtes. Cependant, les sauvages de la Nouvelle-Galles du sud, qui parlent un idiome différent du malai, offrent pourtant les principaux caractères physiques de la variété, telle que nous l'avons dépeinte.

La cinquième grande division du genre humain, ou *la variété nègre*, ne présente rien de douteux. Ses caractères sont : la couleur noire ; les cheveux noirs et crépus ; la tête étroite, comprimée sur les côtés ; le front très-convexe, voûté ; les os de la pommette saillans en avant ; les yeux à fleur de tête ; le nez gros et se confondant presque avec la mâchoire supérieure, qui est portée en avant ; le bord alvéolaire étroit et allongé ; les dents incisives supérieures placées obliquement ; les lèvres, particulièrement la supérieure, gonflées ; le menton retiré ; les jambes en général cambrées. Variété nègre.

Cette variété, répandue dans toute l'Afrique occidentale et méridionale, se retrouve aussi sur les côtes de Madagascar, probablement sur celles de nord-ouest, de la Nouvelle-Hollande, dans les grandes îles de Van-Diémen, de la Calédonie et de la Nouvelle-Guinée ; on croit même qu'elle occupait anciennement les îles Philippines, Bornéo, Java et Sumatra ; les *Haraforas*, qui habitent encore l'intérieur de quelques-unes de ces îles, sont nègres ; les indigènes des îles Andaman le sont également. Ainsi, toutes les régions de la zone torride, à l'exception de l'Amérique, ont produit des peuples nègres : preuve manifeste de l'influence des climats sur les variétés de l'espèce. Mais quand nous observons les différences entre un véritable nègre, à teint de jayet, à chevelure laineuse, crépue ; un Caffre à teint jaune cuivré, à cheveux laineux, longs ; un Diéménois, un nouveau Calédonien, un Papous à couleur de suie, à cheveux frisés ; nous restons incertains si ces trois races, séparées d'ailleurs par des mers et des Trois sous-variétés de nègres.

montagnes, sont chacune originaire de son domicile actuel, ou si elles descendent d'une souche commune.

Hottentots.

Les Hottentots forment encore une exception remarquable; la forme de leur crâne est celle de la race malaie; ils ont le teint et la barbe faible de la variété mongole; mais leur chevelure laineuse les rapproche des nègres.

Extension géographique de l'espèce humaine.

Telles sont les principales variétés de l'espèce humaine répandue sur toute la surface du globe. Les anciens s'étaient à tort imaginé que la zone torride, embrasée des feux du soleil, ne permettait pas aux habitans des deux zones tempérées de communiquer ensemble. Ces préjugés, qui rétrécissaient l'univers, ont disparu devant les lumières que les *Colomb*, les *Gama*, les *Cook* nous ont procurées. Les navigateurs ont trouvé des habitans dans les climats les plus brûlans et dans le voisinage des pôles, sur les côtes les moins abordables, et dans ces îles qu'un immense océan semblait séparer du reste du monde. Les îles de Spitzberg et de la Nouvelle-Zemble, au nord; la terre Sandwich, les îles de Falkland et de Kerguélen, au sud, sont les seuls pays d'une étendue remarquable qui se soient trouvés absolument sans habitans.

La terre entière est donc la patrie de l'homme. Il supporte tous les climats, et ses habitations s'étendent jusqu'aux derniers confins de la nature animée. Les Esquimaux de Groenland habitent jusque sous le *quatre-vingtième parallele*. A l'autre extrémité, la stérile Terre de Feu nourrit les pauvres Petchères. Le Nouveau-Monde, quoique en général moins peuplé, est donc habité d'un bout à l'autre. Dans l'ancien continent, les habitations de l'homme forment un ensemble qui n'est interrompu que par quelques landes sablonneuses; et, au milieu même de ces déserts, l'homme a peuplé les *Oasis*, ces îles de verdure éparses dans un océan de sable.

Chaleur et froid supportés par l'homme.

Le corps humain supporte, sur les bords du Sénégal, un degré de chaleur qui fait bouillir l'esprit-de-vin; dans le nord-est de l'Asie, il résiste à un froid qui rend le mercure solide et malléable. Les expériences de *Fordice*, de

Boerhaave et de *Tillet* prouvent que l'homme est plus capable que la plupart des animaux de supporter un très-grand degré de chaleur. On peut croire que notre corps résisterait également à un froid extrême, pourvu qu'il eût les mouvemens libres. Comme d'ailleurs le froid ne doit guère augmenter au-delà du 78e ou du 80e degré, il est probable que l'homme ferait voile sous les pôles aussi-bien que sous l'équateur, s'il n'y était pas arrêté par les glaces.

La faculté qu'a l'homme de s'acclimater partout et en peu de tems, paraît venir de la même cause qui rend sa santé moins ferme et moins durable que celle des animaux. Les animaux doivent à la plus grande affinité des molécules de leurs corps avec la matière brute, ces instincts qui nous manquent. Nos sens, au contraire, ne sont si irritables, notre corps n'est si susceptible d'impressions, la fougue de nos passions n'est si impétueuse, que parce que toute notre organisation est plus fine, plus délicate, plus spirituelle, pour ainsi dire. L'instabilité de notre santé et l'incertitude du terme de notre vie dépendent essentiellement de cette mobilité de nos organes. Mais grâce à cette même mobilité, nos organes se plient avec facilité et promptitude aux volontés de notre âme. Une ferme résolution de ne point se laisser vaincre par une maladie est, de l'aveu de tous les médecins, un des remèdes les plus efficaces, tandis qu'une imagination craintive aggrave la moindre indisposition. C'est ainsi que notre corps, pour s'endurcir et se roidir contre l'influence d'un climat nouveau, n'attend que les ordres de l'intelligence à laquelle il sert d'organe; sous chaque climat, les nerfs, les muscles, les vaisseaux, en se tendant ou se relâchant, en se dilatant ou se resserrant, prennent bientôt l'état habituel qui convient au degré de chaleur ou de froid que le corps éprouve. Sur la faculté de s'acclimater.

On dit assez communément que le nombre total des hommes vivans sur la terre peut s'élever à *un milliard* ou 1000 millions. Mais tous les calculs qu'on a faits à ce sujet sont chimériques; il est même impossible d'en Nombre total des hommes.

donner qui aient seulement quelque degré de certitude.

Population de l'Asie.

L'Asie a 500 millions d'habitans, dit-on; mais ce n'est qu'en adoptant pour tous les pays qui composent cette partie du monde les données les plus exagérées, qu'on est parvenu à former ce total. Si l'on veut être de bonne foi, il faut avouer que l'on n'a pas plus de raisons pour donner à l'Asie 500 millions, que pour lui en donner 250. Entre les diverses versions sur la Chine, comment deviner la vraie? Ce pays a-t-il 27 millions d'habitans, d'après *Sonnerat;* ou 55 millions, d'après l'extrait de la gazette officielle de Pékin; ou 70 millions selon les Russes; ou 100 millions, comme le savant *De Guignes* a cru; ou 19,662,000, comme M. *Busching* nous l'apprend; ou 200 millions, en suivant les missionnaires; ou enfin 333 millions, comme un mandarin chinois, très-véridique sans doute, l'assura à mylord Macartney? Ce seul exemple suffit pour faire sentir aux lecteurs judicieux que tout cet étalage de chiffres n'est fondé que sur des raisonnemens vagues. Nous avons cherché à estimer la population de l'Asie d'après les relations comparées des voyageurs modernes; nous n'affirmons rien, mais il nous paraît qu'on ne peut donner à l'Asie que 320 à 340 millions d'habitans.

De l'Océanique.

L'Océanique, ou cet ensemble de grandes et petites îles au sud-est de l'Asie, renferme de vastes espaces entièrement inconnus. En portant aussi loin que possible les évaluations partielles, on ne trouvera, depuis Sumatra jusqu'à l'île de Pâques, et depuis Manille jusqu'à la Nouvelle-Zelande, que 20 millions d'habitans.

De l'Afrique.

Quant à l'Afrique, les incertitudes sont si grandes que, toutes choses bien pesées, on ne sait pas s'il faut compter cette partie du monde pour 45 ou pour 90 millions. Un tiers de l'Afrique est si absolument inconnu, qu'on ne sait pas s'il y a des lacs ou des montagnes, ou des déserts sablonneux. Parmi les parties les plus connues, il n'y en a aucune sur laquelle on ait des dénombremens positifs. Tout ce qu'on sait, c'est que la population de l'Egypte, des Etats barbaresques et de l'empire de Maroc a été pro-

digieusement exagérée. On parle de pays très-peuplés sur les bords du Niger; mais quel voyageur digne de foi a vu ces grandes villes qui devaient avoir plus d'habitans que Londres? Toute estimation positive serait déplacée; mais, en prenant un terme moyen, on peut regarder 70 millions comme le *maximum* pour la population de l'Afrique.

Population de l'Amérique.

On a donné 150 millions d'habitans à l'Amérique. A peine en trouve-t-on *un tiers* dont l'existence soit avérée. Les Espagnols n'ont guère poussé leurs estimations les plus favorables au-delà de vingt millions d'habitans de toutes les classes, pour l'ensemble de leurs colonies. C'est peut-être un tiers de trop, mais passons outre. Le Brésil n'a qu'un million d'habitans, selon Raynal; mais on doit aujourd'hui y compter un peu au-delà de 3 millions, y compris les indigènes. Il serait difficile de trouver plus de deux millions dans toutes les grandes et petites Antilles, en défalquant celles des Espagnols. Les Etats-Unis ont 6 à 7 millions d'habitans. On ne peut estimer le Canada anglais, la Nouvelle-Ecosse et leurs dépendances, qu'à un million. On ne trouvera pas deux millions d'individus dans les tribus, ou plutôt familles sauvages de l'intérieur et du nord-ouest. Il est évident que l'Amérique toute entière n'a pas 40 millions d'habitans.

Résumé général.

Résumons ces hypothèses. L'Europe, qui seule est connue, peut avoir 170 millions d'habitans; l'Asie en a 320 à 340 millions; toutes les îles du Grand-Océan, formant la cinquième partie du monde, peuvent en contenir 20 millions; nous laisserons à l'Afrique 70 millions, et à l'Amérique 40 millions. L'espèce humaine, dans son ensemble, n'aura donc que 640 à 650 millions d'individus, au lieu d'un *milliard*.

Nous trouverons des résultats plus positifs en considérant les divers rapports qui existent entre les nombres des naissances, des décès, des mariages et des individus vivans de chaque sexe et de chaque âge (1).

(1) *Sussmilch*, l'Ordre divin dans les variations du genre humain, sous les rapports des naissances, etc., etc., 2 vol. in-8° (en all.), 3e édi-

Rapports numériques des décès, selon l'âge.

La borne naturelle de la vie humaine semble être l'âge de 80 à 90. Peu d'hommes surpassent ce terme ; l'immense majorité périt long-temps avant de s'en être rapprochée. Le *quart* de tous les individus nouveau-nés meurt dans la première année ; *deux cinquiemes* seulement atteignent la sixième année, et avant la vingt-deuxième année, la *moitié* d'une génération est dans le tombeau. L'ordre que la mort observe en frappant les humains, est un des phénomènes les plus admirables dans la nature ; les causes en sont trop multipliées et trop compliquées pour pouvoir être développées ici. Les dangers qui accompagnent plusieurs métiers, la fougue des passions, la corruption des mœurs, y contribuent autant que la faiblesse naturelle du corps humain. En général, la *durée moyenne* de la vie humaine, l'une portant l'autre, se trouve entre 30 et 40 ans ; c'est-à-dire, que de 30 ou 40 individus, il en meurt chaque année un.

Ce rapport varie singulièrement selon les sexes, les localités et les climats, même d'une province à l'autre. En 1774, il y eut, selon *Sussmilch*, un décès sur 26 hommes

tion, Berlin, 1765. (4[e] édition posthume, avec un supplément par *Baumann*, 1775-87.) *Euler*, Recherches générales sur la mortalité et la multiplication du genre humain, dans les *Mémoires de l'académie de Berlin*, année 1760. *Lambert*, Remarques sur la mortalité, les naissances, etc., dans ses Mémoires de mathématiques appliquées. Berlin, 1772 (en allem.), 9[e] mémoire. *Desparcieux*, Essai sur les probabilités de la durée de la vie humaine, etc., etc. Paris, 1746. *Wargentin*, Mémoires divers sur les tables de mortalité, etc., dans les *Mémoires de l'académie de Stockholm*, vol. XVI et XVII, XXVIII et XXXI. *Halley*, An estimate on the degrees of mortality of mankind, etc, dans les Philosophical transactions, 1691. *Arthur Young*, Political arithmetic, 1775. *Black*, Arithmetical and medical analysis of the mortality, etc. Londres, 1789, 2[e] édition. *Short*, New Observations on city, towns and country bill of mortality. Lond., 1750. *Kerseboom*, Verhandeling tot en proeve, etc., c'est-à-dire, Mémoire sur la manière de connaitre la population, 1738. *Id.*, Aanmerkingen op de gissingen, etc.; c'est-à-dire, Remarques sur les conjectures relatives au nombre des hommes, 1742. *Petty*, Observat. on the Dublin bill of mortality, etc., 1683. *Id.*, Several Essays on political arithmetic., 1699. *Graunt*, Annotations made upon the bill of mortality, 1666, etc., etc. (Ces ouvrages sont cités dans l'ordre de l'importance.)

et femmes dans la Silésie prussienne, et 1 sur 36 dans la Marche de Brandebourg. En Suède, selon *Wargentin*, on en compte 1 sur 33 hommes, et 1 sur 35 femmes. En Danemarck, le rapport est, selon la statistique de *Thaarup*, 1 sur 37 $\frac{2}{11}$ en y comprenant le Holstein. En Norwège, le rapport est, selon le même auteur, 1 sur 48 $\frac{1}{9}$. Les géographes germano-russes prétendent établir un rapport encore plus favorable pour la Russie, savoir de 1 sur 58 ou 59; mais cette donnée nous paraît suspecte d'inexactitude ou d'exagération. Il est certain que dans de petits districts, le rapport de la mortalité au nombre des vivans est quelquefois extrêmement faible. Dans la paroisse de *Wærdal*, en Norwège, la mortalité n'a été que de 1 sur 74 pendant dix années. Dans le gouvernement de *Woronesch*, en Russie, la population a été de 1 à 79 $\frac{8}{11}$; mais il est physiquement impossible que des proportions aussi favorables aient lieu pour un pays étendu. En France, il semble que le rapport est de 1 mort sur 35 vivans; et c'est peut-être la meilleure base qu'on puisse adopter pour un pays quelconque de la même étendue. Mêmes rapports selon le sexe, le climat, etc.

La mortalité est, dit-on, beaucoup plus grande dans les villes que dans les campagnes. *Wargentin* suppute qu'il meurt à Stockholm 1 sur 17 hommes, et 1 femme sur 21. Suivant *Price*, il meurt dans les villes d'Angleterre, année commune, 1 sur 19 à 23; dans les petites, 1 sur 28, et dans les campagnes seulement, 1 sur 40 à 50. Aristote déjà engage les gouverneurs à empêcher l'accumulation de la population dans les villes (1). *Sussmilch* compare les villes à une peste continuelle. Ce préjugé général exagère un mal réel. Les campagnards ont sans doute deux grands avantages sur les citadins, celui d'un air plus pur, et celui d'une vie plus sobre et mieux réglée; mais comme de l'autre côté les paysans, les chasseurs et les pêcheurs sont exposés à tant d'accidens violens, et mènent une vie misérable, on peut douter que les désavantages réels des villes soient aussi grands qu'on les a crus. L'apparence Mortalité des villes et des campagnes.

(1) *Arist.*, de Republ., VII.

vient de ce que les hôpitaux sont presque tous établis dans les villes ; les malades des campagnes y affluent. Or, sur 20 à 21,000 décès à Paris, on en trouve ordinairement 6 à 7,000 pour les seuls hôpitaux.

Causes de longévité.

Il paraît que l'air des plaines nues et élevées, ou des montagnes d'un accès libre, est favorable à la longévité ; on peut dire la même chose de l'atmosphère insulaire, qui est toujours renouvelée par l'air maritime. La Russie, la Norwége, la Suède, le Danemarck, l'Ecosse, l'Irlande et la Suisse ; voilà les pays qui nous fournissent les exemples les plus nombreux et les plus authentiques d'hommes et de femmes ayant poussé leur vie au-delà de 100 ans. On peut compter dans ces pays un centenaire sur 3 ou 4 mille individus (1). Mais il y a beaucoup de contrées où la longévité est commune, sans qu'on ait à cet égard des données exactes. Pline désigne la région de l'Italie qui s'étend des Apennins au Pô, et de Plaisance vers Bologne, comme ayant été trouvée singulièrement riche en vieillards de 100 ans jusqu'à 150, lors des dénombremens faits sous les empereurs Claude et Vespasien (2). Les rares exemples d'une longévité extrême, d'une vie de 150 ans et au-delà, semblent pourtant appartenir indistinctement à tous les pays. Si l'Angleterre, dont on vante la salubrité, a offert jusqu'à trois ou quatre exemples d'hommes parvenus à l'âge de 150 à 169 ans (3), la Hongrie qui n'est pas, généralement parlant, un pays très-salubre, a vu le fameux *Pierre Czartan* pousser sa carrière jusqu'à 185 ans (4); et *Jean Rovin*, âgé de 172 ans, avait une femme de 164, et un fils cadet de 117 ans. C'est dans le Bannat de Temeswar, pays marécageux, sujet à la fièvre pétéchiale, cette peste européenne, qu'on a observé ces exemples de longévité, et bien d'autres (5). Une vie sobre et exempte de passions

(1) *Sussmilch*, Ordre divin, etc., § 483. (2) *Plin.*, VII, 49.

(3) *Robinson*, Philosoph. transact., nos 44 et 221. *Baddam's*, Mémoire, I, 164; III, 174. *Harley*, Miscellan., VI, art. 8.

(4) *Comment. de rebus in scient. natur. et medic. gestis*, vol. V, p. 147.

(5) *Hanov*, Raretés naturelles, I, 120 (en allem.). *Cramer*, Append. ad Medicin. castrens. de climate Hungarico.

tumultueuses, contribue singulièrement à prolonger la vie. D'après l'auteur d'un petit ouvrage très-curieux (1), intitulé *Apologie du jeûne*, 152 anachorètes, pris dans tous les siècles et sous tous les climats, ont produit 11,589 ans de vie, par conséquent, 76 ans et un peu plus de trois mois de vie pour chacun; au lieu que le même nombre d'académiciens, moitié de l'Académie des Sciences, moitié de celle des Belles-Lettres, n'a donné que 10,511 ans de vie, par conséquent 69 ans et un peu plus de deux mois de vie pour chacun. Il n'est donc pas impossible que, dans les siècles de l'innocence patriarcale, il y ait eu des nations et des tribus chez qui les vieillards de 150 à 200 ans étaient plus nombreux que parmi nous. C'est ce que les anciens affirment des *Seres*, des *Cyrni* de l'Inde, des *Epiens* en Etolie, et des habitans des monts Athos et Tmolus. Influence de la manière de vivre.

Dans la marche ordinaire de la nature, il naît, du moins chez les peuples civilisés, plus d'individus qu'il n'en meurt. On a trouvé des rapports très-différens: dans les campagnes, souvent il naît 1 sur 22 vivans; dans les villes, le rapport est moins favorable, souvent de 1 à 40, plus ordinairement de 1 à 35. Le climat fait ici une différence très-remarquable. Le climat le plus salubre n'est pas toujours celui où il naît le plus d'enfans: par exemple, en Danemarck, le rapport des naissances aux vivans est de 1 à 31; en Norwège, il est comme 1 à 34. En France, ce rapport est comme 1 à 29. On compte en Suède 4 enfans par mariage; en France, 4 et demi. Par conséquent, l'ancien préjugé qui faisait regarder le nord comme l'*officine des nations*, quoique soutenu par bien d'autres savans (2) que l'antiquaire Rudbek, n'en paraît pas moins dénué de fondement. Excédant des naissances sur les décès.

Le genre de vie, la nature des différens métiers, et la

(1) Journal de médecine, vol. LXXIII, p. 340.
(2) *Machiavelli*, Storia Fiorent., I, c. 3. *Bayle*, Nouvelles de la République des lettres, 1685, janv., art. 8. Comp., pour la réfutation, *Wargentin*, Mém. de l'Acad. de Stockholm, XVI, 173 (trad. allem.).

Causes physiques qui font multiplier l'espèce.

qualité des alimens dont un peuple fait usage; voilà des circonstances qui influent plus sur la propagation de l'espèce que le climat. On croit avoir observé que les peuples qui se nourrissent de poisson multiplient plus facilement que ceux qui ne mangent que de la viande (1). La fécondité des femmes de la Sologne, contrée peu salubre, est peut-être due à ce que le sarrasin fait la nourriture principale des habitans de ce canton; car cette espèce de grain, comme on l'observe dans les oiseaux, semble échauffer davantage les organes de la reproduction (2), comme le seigle ergoté, au contraire, frappe de stérilité les poules qui en mangent (3). Chez les peuples qui mènent une vie errante, et qui sont peu nombreux, il naît moins d'enfans que dans les pays où les individus des deux sexes se trouvent plus rapprochés, et plus souvent en présence l'un de l'autre. Cependant, à l'époque d'une haute civilisation, le nombre des naissances diminue par la cherté des subsistances, qui rend les mariages plus difficiles. L'époque où un peuple vit principalement d'agriculture et dans une aisance moyenne, paraît être celle où il augmente le plus.

Saisons génitales.

Ce sont ces influences physiques de l'air, des alimens et du genre de vie, qui rendent certaines saisons de l'année plus fertiles que les autres. Pline appelle le printems la *saison génitale*. Hippocrate avait observé avant lui que le printems était la saison la plus favorable à la conception. Le soleil et l'amour rallument en même tems leur flambeau. Aristote a dit, avec raison, que ce sont le soleil et l'homme qui travaillent à la reproduction de l'homme. Des observations, faites dans plusieurs pays, semblent toutes s'accorder à indiquer les mois de décembre et de janvier comme ceux où il naît le plus d'enfans. Des circonstances locales, dépendantes du genre de vie d'une nation, peuvent changer cette règle générale. En Suède,

(1) *Montesquieu*, Esprit des lois, L. XXIII, ch. 13.
(2) Mém. de la Société royale de Médecine, année 1776, part. II, p. 70.
(3) Journal de médecine, vol. LXIV, p. 270.

selon *Wargentin*, le mois où il y a le plus de naissances, est celui de septembre; et le mois de janvier ne vient qu'après celui-ci. Ce fait n'a rien d'étonnant, lorsqu'on se rappelle que chez tous les peuples du Nord, surtout dans les campagnes, l'époque de Noël et du nouvel an donne le signal de fêtes, de rassemblemens et de plaisirs.

Causes politiques et morales qui font multiplier l'espèce.

Des causes politiques et morales influent très-directement sur l'augmentation des naissances. Le défaut de subsistance s'oppose à la multiplication des mariages; et ce n'est que par des mariages que l'Etat peut espérer de voir naître beaucoup d'enfans; le libertinage, la communauté des femmes, la polygamie, le divorce, n'ont jamais eu d'influence salutaire sur la population. Il est démontré par des dénombremens authentiques que, sur deux masses d'individus égales en nombre, celle qui vit dans le mariage produit plus d'enfans que celle qui se livre à la débauche. Quant à la fameuse institution proposée par Platon, nous nous en rapportons à ce philosophe lui-même; la communauté des femmes, telle qu'il la concevait, réglée par des lois austères, avait pour but de *limiter* la population en l'épurant (1). La polygamie des Orientaux, vu l'égalité de nombre des deux sexes, ne donne à un homme plusieurs femmes qu'en condamnant au célibat une grande partie de la nation. Aussi Montesquieu l'a déclarée nuisible à la population (2); mais ce même philosophe s'est constitué le défenseur de la facilité et de la fréquence du divorce; il a osé attribuer à cette institution l'énorme nombre d'habitans qu'il donne à l'ancien empire romain; enfin, il insinue que la religion chrétienne, en prêchant la continence et l'indissolubilité du mariage, a fait diminuer le nombre du genre humain (3). Cette ingénieuse calomnie est aisément réfutée par les témoignages des anciens eux-mêmes, qui tous s'accordent à représenter l'an-

De la polygamie et du divorce.

(1) *Plat.*, de Republ., lib. V. (2) Lettres persanes, lett. 110. Esprit des lois, liv. XVI, ch. 6; liv. XXIII, ch. 2. (3) *Montesquieu*, Lettres persanes, lett. 110 et 112. Comp. Esprit des lois, XVI, 15; XXIII, 21, à la fin.

tique sainteté du mariage comme la source la plus directe des forces inépuisables de la république romaine (1); tandis que sous les empereurs, dans les siècles de la corruption, l'Italie serait restée inculte, faute de bras, si elle n'eût pas été cultivée par des légions, ou plutôt des nations entières d'esclaves, amenées de toutes les parties du monde (2). Le mal réel que fait le célibat des prêtres, institution purement humaine, ne saurait balancer les services qu'a rendus le christianisme, même sous le seul rapport de l'augmentation et de la conservation de notre espèce.

L'usage immodéré des liqueurs fortes énerve également un peuple, et dessèche les sources de la propagation. Un peuple actif, sobre, modéré dans ses passions comme dans ses plaisirs, sera toujours plus fécond qu'un peuple abâtardi par le luxe, la mollesse et la jouissance des voluptés, que dédaigne ou que désavoue la nature.

Pays agricoles et pays vignobles.

Une preuve de ce que je viens de dire nous est fournie par la comparaison des pays agricoles et des pays de vignobles. Il paraît prouvé qu'un terrain d'une lieue carrée en champs, ne peut occuper et nourrir que 1390 individus; au lieu qu'un pareil espace planté en vignes entretient 2604 personnes (3). Pourquoi néanmoins les pays de vignobles sont-ils souvent plus mal peuplés que des provinces agricoles sous le même climat? Pourquoi les paysans vignerons sont-ils souvent si malheureux? C'est, sans doute, parce que l'ivrognerie est plus favorisée dans un tel pays, et aussi parce que le produit annuel de la vigne est plus incertain que celui des semailles en blé.

Époque de la puberté.

« L'époque de la puberté arrive plus tôt, dit-on, dans » les pays chauds et méridionaux, que dans les climats » froids, comme ceux des pays septentrionaux et des mon-

(1) Dionys. Halicarn., II. *Valer. Maxim.*, II, c. 4. *Aul. Gell.*, IV, c. 3. *Plut.*, Parall. de Thésée et Romulus *Cic.*, de Republ., lib. VI. « Majores nostri *firmiter stabilita* matrimonia esse voluerunt. »

(2) *Plin.*, Hist. nat., XXXIII, 10. *Seneca*. de Tranquill., c. 8; de Brevit. vitæ, c. 12 *Athen.*, Deipnosoph., VI, *Lips.* de Magnitudine Romanâ, II, 15. (3) Discours sur les vignes, Dijon, 1756.

» tagnes élevées. » Cette thése, vulgairement adoptée, a besoin de restrictions. Il est vrai, par exemple, que les femmes barbaresques sont communément méres à onze ans, et cessent d'avoir des enfans à trente (1). Buffon rapporte, d'aprés Thévenot, qu'au royaume de Décan on marie les garçons à dix ans, et les filles à huit, et qu'il y en a qui ont des enfans à cet âge; de sorte qu'elles peuvent être grand'méres avant l'âge de vingt ans. Mais si cela était purement l'effet du climat, comme Buffon le croit, il s'ensuivrait une conséquence fort singulière. Le climat sous lequel habitent les nègres du Sénégal, est certainement plus chaud que celui de la Barbarie, et même que celui de la presqu'île de Décan. Donc, si c'est l'influence du climat seule qui hâte l'époque de la puberté chez les peuples de l'Inde, et qui la fixe à dix ou onze ans, la même influence devrait fixer l'époque de la puberté à sept ou huit ans chez les nègres; ce qui serait absurde. Au contraire, toutes les relations que nous avons consultées semblent indiquer que la puberté, chez les nègres, n'est pas beaucoup plus hâtive que chez les peuples méridionaux de l'Europe. Il paraît donc que, même dans la zone torride, le phénomène physique dont il est question dépend plutôt de la *différence des races* que de celle du climat.

Il y a des faits encore plus concluans.


Exemples des variations à cet égard.

Tous les voyageurs russes et danois qui ont écrit sur la Laponie et les autres contrées voisines de la mer Glaciale (2), s'accordent à dire que les femmes de ces peuples, non-seulement sont très-lascives, mais qu'elles deviennent nubiles de bonne heure. Un Français, qui a beaucoup vu, et bien vu (3), assure que les Suédoises sacrifient à l'amour dès l'âge de douze ans. En Russie, les paysans se marient souvent à ce même âge. Dans le Vivarais, contrée montagneuse et froide, le sexe est d'aussi

(1) *Shaw*, Voyage en Barbarie, tome I, p. 395. (2) *Hœgstrom*, *Klingstedt*, etc., etc. (3) M. *Fortia de Piles*, dans le *Voyage de deux Français dans le Nord*, tome II, p. 422.

bonne heure nubile que dans les autres provinces du midi de la France (1). Les sauvages d'Amérique, qui demeurent sous la ligne, parviennent aussi tard à la puberté que ceux qui vivent plus près du pôle. Chez eux, les hommes ne se marient pas avant l'âge de trente ans, ni les femmes avant leur vingtième année.

Résultat général.

Il semble donc qu'on doive regarder cette différence physique comme étant plus encore inhérente aux races, que dépendante des climats. Souvent aussi on doit en chercher la cause dans l'extrême dissolution des mœurs. Quoi qu'il en soit, le phénomène dont nous parlons n'influe probablement que très-peu sur le nombre des naissances, et point du tout sur l'augmentation de la population. D'abord, on a observé que partout où les femmes sont nubiles de très-bonne heure, elles cessent aussi plus tôt d'être fécondes ; aux Indes, elles vieillissent déjà à trente ans. D'un autre côté, les enfans, dans ces pays, sont plus faibles, et sujets à une mortalité plus grande.

Rapports numériques des naissances et des décès.

Cette dernière observation doit même s'étendre indistinctement à tous les peuples ; on doit toujours se garder de conclure à une augmentation de population, *uniquement* parce qu'on voit un énorme excédant de naissances sur les morts. Lorsque ces *excédans* sont trop disproportionnés au nombre des morts et à celui des mariages, on est fondé à soupçonner quelque inexactitude dans la rédaction des listes, ou quelque circonstance physique extraordinaire. Le *rapport des naissances aux mariages*, l'un portant l'autre, et dans un pays de quelque étendue, ne peut guère être au-dessus de 5, ni au-dessous de 3 naissances pour un mariage. Le rapport ordinaire, dans les pays les plus civilisés du monde, est de 4 naissances pour un mariage. Le *rapport entre les naissances et les décès* est, année commune, depuis 101 jusqu'à 150 pour 100. Ce dernier rapport même n'a lieu que dans quelques provinces

(1) Mémoire de la Société royale de Médecine, 1780 et 1781, part. II, page 130.

de peu d'étendue, et singulièrement favorisées de la nature. Tout ce qu'il y a de plus, en parlant d'un pays étendu, doit paraître suspect, à moins que d'être prouvé par des dénombremens et des registres revêtus d'un grand caractère d'authenticité. Pour ne citer qu'un seul exemple, il est sans doute permis aux Russes de proclamer à peu près tous les ans (même en temps de guerre), qu'il naît dans l'empire russe plus d'un million d'individus, tandis qu'il n'en meurt que 5 ou 600,000. Mais il nous est aussi permis, à nous autres Européens, de ne pas ajouter implicitement foi à ces merveilleuses histoires, et d'attribuer en partie cette disproportion entre les décès et les naissances, à l'incurie de ceux qui en tiennent registre.

Euler a calculé la table suivante, au moyen de laquelle on voit aussitôt en combien d'années le nombre d'individus d'une nation peut doubler dans des circonstances données (1). **Table de la multiplication de l'espèce.**

Pays de 100,000 *habitans : mortalité de* 1 *sur* 36.

Les décès étant aux naissances comme	Le surplus des naissances sera :	Ce surplus fera de la somme des vivans,	Le doublement de population aura lieu en
10 à 11	277	$\frac{1}{361}$	250 $\frac{1}{12}$ années.
—— 12	555	$\frac{1}{180}$	125
—— 13	722	$\frac{1}{138}$	96
—— 14	1100	$\frac{1}{90}$	62 $\frac{3}{4}$
—— 15	1388	$\frac{1}{72}$	50 $\frac{1}{4}$
—— 16	1666	$\frac{1}{60}$	42
—— 17	1943	$\frac{1}{51}$	35 $\frac{3}{4}$
—— 18	2221	$\frac{1}{45}$	31 $\frac{2}{5}$
—— 19	2499	$\frac{1}{40}$	28
—— 20	2777	$\frac{1}{36}$	25 $\frac{9}{10}$
—— 22	3332	$\frac{1}{30}$	21 $\frac{1}{8}$
—— 25	4165	$\frac{1}{24}$	17
—— 30	5554	$\frac{1}{18}$	12 $\frac{4}{5}$

Le même géomètre, en admettant des suppositions extrêmement favorables à la propagation de l'espèce, a cal-

(1) *Euler*, Tables communiquées à *Sussmilch*, Ordre divin, chap. VIII, §§ 152-156-162.

culé une table en séries récurrentes, dont le résultat général est que le genre humain a pu se tripler en 24 ans, et qu'au bout de 300 ans, la postérité d'un seul couple a pu s'élever à 3,993,954 individus.

Rapport des naissances et des décès à un tems donné.

Si l'on met le nombre total des hommes à 700 millions (ce qui est un peu trop haut), le rapport entre les décès et les vivans, de 1 à 33, et celui entre les naissances et les vivans, de 1 à 29 $\frac{1}{2}$, on trouve les résultats suivans pour la totalité du globe.

Époque de tems.	*Naissances.*	*Morts.*
Dans une année	23,728,813. . .	21,212,121
— un jour.	65,010. . .	58,120
— une heure.	2,708. . .	2,421
— une minute	45. . .	40
— une seconde.	$\frac{3}{4}$. . .	$\frac{2}{3}$

D'où il suivrait que le nombre total du genre humain pourrait, dans une année, augmenter de 2,516,692 individus, si les guerres et les épidémies ne l'empêchaient pas. Cette augmentation ferait, en 100 ans, monter le nombre des hommes à 3,216 millions. La terre pourrait bien en nourrir encore plus; mais les témoignages de l'histoire semblent jusqu'ici s'accorder à indiquer une augmentation beaucoup plus lente de l'espèce humaine.

Rapport entre le nombre des deux sexes.

Le *rapport entre le nombre des deux sexes* est un objet très-important pour la statistique et pour la législation. En Europe, il naît toujours plus de garçons que de filles, dans le rapport de 21 à 20, ou, selon d'autres, de 26 à 25. La mortalité est aussi plus grande parmi les enfans mâles, à peu près dans le rapport de 27 à 26; d'où il suit que, vers la quinzième année, l'équilibre est presque rétabli entre les deux sexes; cependant, il y a encore un surplus pour le sexe masculin. Mais ce surplus en hommes, et même souvent un nombre trois ou quatre fois plus grand, est anéanti par les guerres, les voyages dangereux, les émigrations, dont l'effet tombe moins sur le sexe féminin. Ainsi, en dernière analyse, les femmes se trouvent

toujours en plus grand nombre dans nos climats que les hommes. Cette différence est surtout très-sensible après une longue guerre. Selon Wargentin, elle s'est élevée, en France, après la guerre de sept ans, à 890,000, sur 24 ou 25 millions d'âmes; et en Suède, après la guerre du nord, à 127,000, sur 2,000,000 et demi.

Néanmoins la différence en nombre entre les deux sexes n'est pas, en Europe, assez grande, ni surtout assez constante, pour qu'il soit permis d'en tirer quelque conclusion défavorable au système de la monogamie, ou des mariages entre un seul homme et une seule femme. Ces sortes de mariages, seuls conformes à la dignité humaine et à une saine morale, sont encore protégés par de puissantes raisons d'économie politique, et personne ne doute que la *polygamie*, ou le mariage d'un homme avec plusieurs femmes, serait une institution funeste pour le bien-être de l'Europe.

S'il naît plus de filles dans l'Orient?

Quelques voyageurs (1) avaient paru croire que dans les climats chauds il naît beaucoup plus de filles que de garçons; et comme le sexe masculin y est encore sujet à une plus rapide destruction que parmi nous, le surplus des femmes devait devenir extrêmement grand; d'où Montesquieu conclut que la polygamie a chez ces peuples des excuses très-plausibles; mais le fait d'où il part s'est trouvé absolument faux. Les recherches du P. Parennin dans la Chine (2), les listes de baptêmes tenues par les missionnaires danois de Tranquebar (3), les dénombremens faits par les Hollandais à Amboine et à Batavia (4); enfin, les renseignemens pris à Bagdad et à Bombay, par le judicieux Niebuhr (5), ont démontré que le nombre des enfans des deux sexes n'est pas plus disproportionné dans l'Orient que dans l'Europe.

(1) *Kæmpfer*, Description du Japon; I, liv. 2, ch. 5. Recueil des voyages de la compagnie des Indes, I, 346. (2) Lettres édifiantes, XXVI, recueil, p. 8 (Paris, 1743). (3) *Sussmilch*, l'Ordre divin, etc., § 418. (4) *Valentyn*, Beschryving van Amboina, II, p. 342. *Struyck*, Nader ontdekkingen noppens den staat van het menschelyk geslagt, p. 104 (en holland.). (5) *Niebuhr*, Description de l'Arabie, I, 102 *sqq.*



On prétend, avec plus de raison, qu'il y a des peuples qui, ayant la coutume de vendre au-dehors un grand nombre de femmes, en manquent chez eux; ce qui les a engagés à établir la *polyandrie*, ou le mariage d'une femme à plusieurs maris (1). Cette institution, si elle existe, est évidemment la moins favorable à la propagation.

Rapports généraux des sexes, âges, états, etc.

On estime assez communément que lorsqu'il naît 10,000 enfans dans un canton quelconque, il doit y avoir en tout 295,022 habitans de deux sexes, dont 93,003 enfans au-dessous de 15 ans, et 202,019 personnes au-dessus de cet âge. Parmi ces individus, il y aura tout au plus 23,250 mariages monogamiques (dont la durée moyenne peut être évaluée à 21 ans), 5,812 veuves, et 4,359 veufs; le reste célibataires.

(1) *Duhalde*, Description de la Chine, IV, 461. *Strab.* (descr. de la Médie), IX, 798, édit. Almel. Comp. *Michaelis*, droit mosaïque, II, 199 (en all.)

LIVRE QUARANTE-CINQUIÈME.

Suite et fin de la Théorie générale de la Géographie. De l'Homme considéré comme être moral et politique, ou : *Principes de Géographie Politique.*

LONG-TEMS nous avons considéré la terre comme un corps physique, ayant des rapports avec d'autres corps physiques qui l'environnent ou qui habitent à sa surface. Mais dès qu'à travers l'immense série d'êtres qui s'est développée devant nous nos recherches sont arrivées jusqu'à l'homme, nous avons aussitôt vu la *Géographie-Physique* céder peu à peu la place à la *Géographie Politique*. Cette branche de notre science considère la terre d'après ses divisions politiques, et dans ses rapports avec les diverses sociétés civiles qui s'y sont établies. Il est évident que cette partie de la Géographie a, comme les autres, ses principes généraux, dont l'ensemble forme une *théorie*, et dont la connaissance doit précéder l'étude des descriptions particulières. Mais ceux de ces principes qui, fondés dans la nature de notre être, ne varient pas au gré des caprices humains, sont en petit nombre ; les autres rapports changent, sinon d'un royaume à un autre, du moins d'une partie du monde à l'autre ; ce qui nous engage à nous borner ici à un exposé rapide des premiers, en réservant aux autres leur place convenable dans les introductions particulières à la description de chaque grande division du globe.

Géographie politique.

Le *langage articulé*, noble héritage de la nature humaine, est le premier lien social qui manifeste et qui perpétue l'union civile des hommes. Peu d'animaux, même parmi les oiseaux et les quadrupèdes, ont un langage *articulé*, ou à sons distincts et constans ; ces langages d'ailleurs ne s'élèvent guère qu'à dix ou douze inflexions de la voix. Aucun

Langage articulé [illegible] sonné.

animal n'a un langage *raisonné*, c'est-à-dire, dont les divers sons expriment constamment et distinctement des idées générales. Cette faculté d'exprimer nos idées par des mots, assure seule l'exercice continuel de notre mémoire; et sans la mémoire, que serait le jugement? L'homme n'est un être raisonnable qu'au moyen de la parole. C'est la parole qui rend communes à toute l'espèce les observations, les sensations et les découvertes de l'individu; de là naissent les sciences, les arts, la civilisation et la perfectibilité indéfinie du genre humain. Le langage considéré comme faculté morale et physique, paraît donc inné à l'homme; mais le choix des sons, leurs modifications, leurs combinaisons ont dû dépendre de la libre volonté des hommes; la logique naturelle y a sans doute influé, mais aussi les passions, mais aussi le goût, la délicatesse des organes, la nature du climat, la situation de la société.

Langues primitives. Les *langues primitives*, composées de peu de mots, simples comme les mœurs et les idées de ceux qui les parlaient, ont naturellement dû se perdre en se confondant avec les idiomes plus parfaits qui en étaient sortis, comme les nations primitives se sont perdues en donnant naissance aux nations connues de l'histoire. Ainsi, le germe disparaît quand la plante élève dans les airs sa tête fleurie; ainsi, les premières racines tombent en poussière, tandis que l'arbre étend au loin ses branches verdoyantes.

Langues-mères. Mais si la recherche de la langue primitive paraît aujourd'hui abandonnée de tous les vrais savans, ils ne désespèrent pas de fixer le nombre de *langues-mères*, c'est-à-dire, de celles qui, dans les mots principaux dont elles se composent, dans les inflexions grammaticales qu'elles admettent, et dans la syntaxe qu'elles suivent, nous offrent un caractère indépendant de toute autre langue. Ces langues-mères même, en présentant quelques traits d'une ressemblance éloignée, en rappelant obscurément la possibilité d'une origine commune, forment entre elles des

Familles de langues. *familles*, sans qu'aucune d'elles puisse prétendre à une prééminence d'antiquité.

En effet, à quel caractère reconnaîtrions-nous la haute antiquité d'une langue ? Doit-elle être composée principalement de *voyelles*, comme l'otaïtien, le zend, le basque ou ibérien, l'algonquin, le caraïbe, l'esquimaux ? Mais ces langues, toutes en voyelles, ne se ressemblent d'ailleurs sur aucun point. La langue la plus ancienne sera-t-elle *monosyllabique*, comme M. Adelung (1) voudrait nous le faire croire ? Mais le chinois, le thibetain, le touquinois et le siamois qui seraient, dans cette supposition, les langues primitives, ne présentent pour les sons aucune ressemblance avec les idiomes des Celtes ou des Nègres. Si nous voulons examiner les langues sous le rapport de leurs formes grammaticales et de leur syntaxe, nous en trouverons, d'un côté, dans lesquelles les rapports des genres, des personnes, des modes d'action et des tems, sont exprimés par les combinaisons les plus ingénieuses, les plus délicates et les plus profondes, comme dans le sanscrit, l'hébreu et le grec ; de l'autre côté, nous en verrons où tous ces rapports, quoique toujours nécessaires à la pensée, ne sont rendus que par des alliances de mots vagues, obscures, puériles et arbitraires, comme dans le chinois, le celte, les idiomes des Nègres et ceux de la Nouvelle-Hollande. On dirait que ces dernières langues doivent être les plus anciennes, comme étant plus près de la *nature*, dans l'acception vulgaire de ce mot ; cependant, l'histoire nous prouve évidemment que les Hébreux, les Indiens et les Grecs existaient au moins aussi anciennement que les Ethiopiens, les Celtes et les Chinois.

Divers caractères de langues.

Il est donc indifférent par où l'on commence à compter les anneaux d'une chaîne qui se perd dans la nuit des siècles. Nous nommerons en premier lieu la famille des *langues indo-germaniques*, qui règnent depuis les bords du Gange jusqu'aux rivages de l'Islande. Les principaux genres de cette famille se suivent dans l'ordre géographique que nous allons indiquer. Le *sanscrit* a régné anciennement

Famille des langues indo-germaniques.

(1) *Mithridates*, ou Notice générale des langues, par *Adelung*. Deux vol. *in*-8°, 1er vol., p. 1-20.

Le sanscrit, le dewanagara, etc. sur tout l'Indostan ; du sanscrit descendent le *dewanagara*, l'idiome le plus pur de l'Inde, le *tamulique* et plusieurs autres dialectes parlés dans le Décan. Outre un certain nombre de racines que le sanscrit a de commun avec le grec, le latin, le slavon et l'allemand, il offre encore dans ses nombreuses déclinaisons, et dans ses conjugaisons étendues, les rapports les plus frappans avec ces langues-mères de l'Europe, surtout avec le grec et le latin. La

Le zend, le pelhwi, etc. Perse nous présente trois langues anciennes : le *zend* qui paraît avoir été la langue sacrée ; le *pelhwi*, langue de l'ancienne Médie ; et le *parsi*, idiome de la Perse, d'où descendent en partie le *persan* moderne et le *kurde*. Dans tout ce genre de langues, on retrouve beaucoup de mots germaniques ; la grammaire, infiniment moins riche et moins parfaite que celle du sanscrit, se rapproche sur plusieurs points du génie des langues allemande et anglaise ; les consonnes sifflantes, inconnues dans le sanscrit, se

Langues grecques. montrent déjà dans le parsi. Le genre des *langues grecques* est un de ceux dont nous connaissons le mieux les diverses espèces. L'hellénique propre avait trois dialectes: le *dorique*, qui est entièrement éteint ; l'*ionique*, avec lequel le *grec moderne* paraît avoir le plus de rapports ; enfin, l'*éolien* qui, transplanté très-anciennement en Italie, donna nais-

Langues slavonnes. sance au *latin*. Au genre des *langues slavonnes*, qui par leurs déclinaisons et plusieurs autres traits se rapprochent du grec, appartiennent le slavon-illyrien, le polonais, le bohémien, le russe et les divers restes de la langue wende ; la langue des Daces et des Gètes était probablement une ancienne branche de ce genre. Dans le genre des

Langues germaniques. *langues germaniques*, on aperçoit une très-ancienne division ; les langues *frisonne*, *francique*, *saxonne*, *anglo-saxonne* et *alémanique*, forment la branche *teutonique* ; tandis que le *mœso-gothique*, conservé dans les évangiles d'Ulphilas, l'*islandais* et le scandinave moderne dans ses deux principaux dialectes, le *suédois* et le *danois* constituent la branche *gothique* : ces branches diffèrent comme le grec et le latin.

Famille des langues celtiques.

Langue basque.

Langues pelasge, illyrienne, etc.

A côté, et même au milieu de cette grande famille, composée de langues-mères les plus parfaites, nous voyons d'autres familles également très-anciennes, mais qui, dans leur grammaire, grossièrement combinée, n'offrent aucune ressemblance ni entre elles, ni avec les langues indo-germaniques. Telles sont, dans l'occident de l'Europe, les langues *celtiques*, dont les principales espèces sont l'*erse*, parlé encore en Écosse et en Irlande ; le *gallois* ou le *kymrique*, conservé dans la principauté de Galles ; et le *celte* proprement dit, dont le bas-breton est un reste très-mélangé. Dans la péninsule Hispanique, il existait une langue ibérienne ou cantabre, dont le *basque* nous offre les restes intéressans, et qui, rivale de la celtique par sa simplicité primitive, en diffère totalement par les mots. Dans l'Italie et la Grèce, les langues *pelasge*, *thrace*, *illyrienne*, *étrusque* et autres, ont disparu avant d'avoir été observées par des philosophes. Peut-être l'*albanais* est-il un reste de l'illyrien.

Langues mixtes.

Des débris de toutes ces langues anciennes et de leur mélange avec le latin, ensuite avec les idiomes germaniques, slavons et même arabes, sont nés des *idiomes mixtes*, tels que le *valaque*, l'*italien*, le *provençal*, le *français*, l'*anglais*, l'*espagnol*, le *portugais*.

Famille des langues scythico-sarmatiques.

Le lithuanien.

Au nord-est de l'Europe, on aperçoit les restes épars de la grande famille des *langues scythico-sarmatiques*. C'est le *finnois* avec l'*estonien* et le *livonien*, qu'on peut considérer comme le genre le plus distinct de toutes les autres langues du globe, ou du moins de toutes celles de l'Europe. Le *lappon*, le *permiaque* avec divers autres idiomes répandus le long des monts Uraliens et du Wolga, le *hongrois*, originaire de ces mêmes régions, offrent toujours des traits de famille. Mais dans le *lithuanien* et ses dialectes, nous voyons le phénomène d'une langue différente des langues indo-germaniques par ses racines, et qui cependant possède dans sa grammaire des finesses étonnantes, des ressources inconnues aux autres langues scythiques ; enfin, des rapports incontestables avec le grec.

Le Caucase, situé au centre des régions où dominent les langues indo-germaniques, loin de présenter une souche
Langues caucasiennes.
commune de ces langues, en interrompt la chaîne, et nous offre dans le *géorgien*, le *circassien*, l'*arménien* et quelques autres idiomes singulièrement rudes et simples, une famille, ou plutôt un groupe de langues à part, langues peu connues et sans doute très-anciennes.

Mais si nous étendons nos regards sur la Syrie, la Mésopotamie, l'Arabie et l'Abyssinie, la belle et intéressante
Langues araméennes.
famille des *langues araméennes* nous attache par l'éclat de leur ancienne civilisation : abondance de sons gutturaux, richesse immense de mots, inflexions multipliées du verbe, simplicité et même pauvreté sous les autres rapports grammaticaux; tels paraissent les caractères communs de ces
L'arabe.
langues, parmi lesquelles nous distinguerons l'*arabe* ancien et moderne, avec ses colonies ; le *moresque,* répandu dans toute l'Afrique septentrionale ; le *geez* et l'*amharique,* dialectes parlés en Abyssinie, et les divers idiomes arabes qui s'étendent le long de la côte orientale d'Afrique;
L'hébreu.
l'*hébreu,* dans ses diverses modifications depuis l'antique idiome de Moïse jusqu'au dialecte chaldaïque, samaritain et autres, aujourd'hui éteints, à l'exception du dialecte
Le phénicien.
rabbinique ou l'hébreu moderne ; le *phénicien,* dont le *punique* ou carthaginois est la branche la plus célèbre, et dont le patois *arabe-maltais* conserve peut-être quelques restes ; le *syriaque* ou araméen proprement dit ; enfin le *chaldéen,* différent de l'hébreu chaldaïque.

Sur la dénomination de langues sémitiques.
Comme la plupart des nations qui parlent ces langues descendent, selon Moïse, de *Sem,* on a voulu désigner cette famille sous le nom général de langues *sémitiques ;* on a également voulu donner aux langues indo-germaniques le nom de *langues japhétiques.* Mais, en admettant ces deux dénominations, on tombe dans l'inconvénient d'attribuer aux descendans de Cham toutes les autres langues, depuis le celte jusqu'au mexicain, et depuis le nègre jusqu'au chinois, malgré la différence originaire évidente de ces langues. Bornons-nous aux résultats de l'observation.

Famille des langues monosyllabiques.

La famille des *langues de l'Asie orientale* ou des langues *monosyllabiques* diffère entièrement de celle des langues indo-germaniques. Elle comprend le *thibetain*, le *chinois*, le *birman* dans les dialectes de Pegou, d'Ava et autres; le *siamois* et l'*annamique* dans les dialectes de Camboge, de Touquin et de Cochinchine. Toutes ces langues manquent plus ou moins de moyens pour marquer directement les cas, les genres, les nombres, les modes et les tems; ceux qui les parlent sont obligés de suppléer à l'absence des formes grammaticales et des règles de syntaxe par des intonations, des gestes, et par une sorte d'écriture hiéroglyphique.

Langues turques et tatares.

Le nord de l'Asie renferme trois, ou même quatre genres de langues infiniment supérieures aux idiomes monosyllabiques. Le *turcoman*, le *bucharien* et diverses *langues turques* ou *tatares*, parlées par les *Tatars* proprement dits, depuis la Crimée et Casau jusqu'au Tobol, et à Chiwa par les Turcs-Ottomans, autres tribus, se distinguent par un système grammatical assez complet, surtout à l'égard des conjugaisons, et par la faculté de composer des mots avec autant de liberté que le grec, le persan et l'allemand : on y trouve plusieurs racines germaniques. La *langue mongole*, pauvre en combinaisons grammaticales, a pourtant des déclinaisons complètes; elle est riche en voyelles et en mots harmonieux. La *langue mantchoue*, quoique remplie de mots monosyllabiques, possède des formes grammaticales très-complètes et très-variées; elle offre, chose singulière, quelques racines grecques et germaniques. Le *koréen* et le *japonais* paraissent tenir du mongol et du chinois. Le *tungouse* est un dialecte du mantchou, le *samoyède* en diffère. Cependant, on est tenté de croire que toutes les langues de l'Asie centrale et septentrionale, mieux connues, se rangeront dans une seule famille.

Langue mongole, mantchoue, etc.

Famille des langues malaies.

Les terres océaniques, depuis Sumatra jusqu'au-delà d'Otaïti, nous présentent une série d'idiomes qui tous ont des rapports avec le *malais*, langue de la péninsule

orientale des Indes. Le même genre se retrouve à Madagascar, mais dans un état plus parfait, avec une grammaire plus combinée. Il y a sans doute plusieurs langues générales, répandues dans cet immense archipel. Le *tagalique* et le *bissago* des îles Philippines se trouvent aux îles Moluques et aux îles Marianes ; il y en a des traces à la Nouvelle-Zélande. Ces deux langues ont aussi des rapports avec le mantchou et le mongol. Le *taïtien* est répandu dans toutes les petites îles du grand Océan. Plus à l'ouest, les peuples nègres de la Nouvelle-Calédonie, de la Nouvelle-Guinée, de l'île Van-Diémen et de la Nouvelle-Hollande, parlent des idiomes qui probablement forment une ou plusieurs familles à part.

Langues tagalique, taïtienne, etc.

Usage singulier.

L'Océanique nous présente un usage singulier : les princes, à leur avénement au trône, changent plusieurs mots du langage national. Cette institution se retrouve en Afrique. Les nombreux idiomes des sauvages seraient-ils donc, en partie du moins, des espèces d'*argots*, créés et adoptés par des familles isolées et obligées d'être en garde les unes contre les autres ? Cette hypothèse offre beaucoup de vraisemblance.

Langues nègres.

Les langues de l'Afrique, extrêmement peu connues, ont paru innombrables à quelques voyageurs. D'autres pensent que cela n'est vrai que des idiomes des *nègres* proprement dits. En effet, depuis le Sénégal jusqu'au cap Négro, le langage parlé varie souvent de village en village ; les langues des *Yalofs*, des *Foulahs*, du pays de *Dahomey*, des royaumes de *Benin* et de *Congo*, ainsi que celle de la Nigritie intérieure, offrent pourtant les mêmes combinaisons de consonnes et quelques mots communs. Dans le nord de l'Afrique, la langue des *Brébers* ou de *Kabyles*, nous paraît le dernier reste des idiomes parlés le long du mont Atlas et de la Méditerranée ; mais on n'en a que de faibles notions. Le *copte*, reste de l'ancien égyptien, est mieux connu ; les recherches du jeune et savant *Quatremère* nous apprendront peut-être si cette langue n'est point en parenté avec celles des habitans originaires de la

Langue brébère.

Langue copte.

Nubie et de l'Abyssinie. Sur la côte orientale, depuis Magadaxo jusqu'au pays des Hottentots, les noms géographiques démontrent la généralité de la langue *caffre*, qui, même parmi les Betjouanas, conserve des traces évidentes d'un fort mélange avec l'arabe. A l'extrémité australe de cette partie du monde, les Hottentots parlent un idiome particulier, rempli de gloussemens et de battemens de langue, qui produisent des sons semblables à des cris d'oiseaux. Ces hommes ont la langue plus courte et plus épaisse que nous (1).

Langue caffre.

Le hottentot.

Serait-il possible que le caractère et le génie différent des langages humains fussent les résultats d'une différence héréditaire dans les organes de la parole? Si l'on admettait ce principe, on pourrait en tirer des conclusions importantes. Par exemple, les Chinois, les Esquimaux et les Mexicains ne peuvent prononcer un *R*; ils le remplacent par un *L*: seraient-ils donc tous d'une origine commune? Mais gardons-nous de nous livrer avec trop de confiance à ces sortes d'analogies; elles pourraient conduire à des erreurs grossières. On a, par exemple, cru observer que la consonne combinée *mb*, qu'un Européen saurait à peine prononcer au commencement d'un mot, était commune aux langues des Nègres et des Américains méridionaux. L'observation est vraie, mais on ne saurait pas en conclure la commune origine de ces peuples, attendu que la confusion de *m* et *b* se retrouve dans le dialecte éolien (2), chez les anciens Grecs, qui sans doute ne descendent ni des Péruviens, ni des Nègres. Il y a dans la Norwège des familles entières qui commencent tous les mots par les consonnes *ng*, si communes dans l'idiome des nègres d'Angola. La confusion du *b* et du *w* se retrouve chez les Grecs, les Gascons et les Russes. Les sons gutturaux des Arabes se retrouvent dans l'allemand, langue d'une famille différente. Ces exemples prouvent qu'il est bien difficile de

Influence des organes sur les langues.

(1) *Lichtenstein*, dans les Archives ethnographiques, par *Vater* et *Bertuch*, I, 259 *sqq.* (2) Βερμιτε pour βερβιτε. Μάλλω pour βάλλω. Le latin *meo* du grec βέω, etc., etc.

distinguer ce qui, dans ces sortes de bizarreries, tient à des causes physiques et constantes, de ce qui ne dérive que des caprices de l'esprit humain. Revenons à l'énumération des idiomes.

Langues américaines. Les *langues américaines* ne sont guère mieux connues que celles d'Afrique. M. de Humboldt pense qu'il y a, dans cette partie du monde, un très-grand nombre de langues indépendantes les unes des autres. Ce qui en a multiplié le nombre, c'est l'usage de chaque nation conquérante et de chaque dynastie d'introduire une nouvelle langue. Langue toultèque, aztèque, etc. Ainsi, les *Toultèques*, *les Huaztèques* et les *Aztèques* ont fait dominer successivement la leur dans le Mexique. Ces langues, dans lesquelles on a cherché péniblement quelques faibles rapports avec les idiomes mongoliques, ont une composition et une syntaxe très-compliquées. Les langues L'iroquois, algonquin, etc. *chéroquèse*, *iroquoise* et *algonquine* ou *huronne*, paraissent être les plus répandues de celles qu'on parle entre la baie d'Hudson et le golfe du Mexique; elles sont pauvres et simples. La langue *esquimoïque* ou *groenlandaise*, répandue dans toute la région polaire, offre une structure bizarre par l'enlacement de plusieurs parties du discours en un seul mot d'une longueur démesurée. Dans l'Amérique méridionale, Langue caraïbe. la langue *caraïbe* ou *galibe*, langue sonore et harmonieuse, domine au nord de la rivière des Amazones comme autrefois dans les petites Antilles. Plusieurs anciennes langues policées ont disparu dans la Nouvelle-Grenade, le Quito Langue des Yncas. et le Pérou; mais la belle langue inventée par les *Yncas*, le *quichua*, reste généralement en usage même parmi Langue guarane. les Espagnols. La langue *guarane* s'est tellement conservée et répandue au Brésil et au Paraguay, que les Espagnols et les Portugais, dans plusieurs villes même, n'en parlent pas d'autre. Divers idiomes mal connus règnent dans le Chili et en Patagonie. Les Pécherais, dans la Terre de Feu, ont un idiome tout-à-fait particulier.

Telle est la série des principales langues parlées par l'espèce humaine. Quelle longue échelle depuis l'idiome du Nègre et du Chinois, qui ne distingue qu'à peine le singu-

lier du pluriel, jusqu'à la langue grecque où la pensée la plus raffinée ou la plus approfondie rencontre toutes faites les formes qui peuvent la fixer ! Il y a des langues qui n'ont aucune expression pour des objets étrangers aux sens extérieurs, tels que l'âme ou Dieu ; il y en a qui n'ont pas même de terme équivalent au verbe *être* ou au substantif *monde*. Mais si la métaphysique paraît refusée à la grande majorité du genre humain, tous les peuples, même les plus sauvages, ont le sentiment de l'existence des forces invisibles qui régissent la nature et les destinées. Les diverses manières dont les nations manifestent ce sentiment constituent autant de *religions* diverses ; les actes extérieurs qui peuvent être le résultat de ces croyances religieuses sont des *cultes*. Religions et cultes.

Le nom de Polythéisme est donné à toute religion qui admet plusieurs Dieux, quelles que soient la nature et la dignité qu'elle leur assigne. On en connaît plusieurs classes. La plus grossière de toutes est le *Fétichisme*, ou l'adoration des *Fétiches*. Par *Fétiche* (1) on entend toute sorte de choses animées ou inanimées, que les prêtres de ces religions font regarder aux sauvages comme des êtres enchantés ou doués de quelque force magique et divine. Ces superstitions, les plus absurdes de toutes, règnent parmi les nations abruties de la côte de Guinée, et chez beaucoup d'autres sauvages. Elles se sont mêlées à toutes les croyances religieuses. Le bœuf Apis et le chien Anubis étaient peut-être des Fétiches des Égyptiens (2) ; la Pierre noire adorée à la Mecque avant Mahomet, et le dieu *Phallus* des Romains, en étaient indubitablement. Fétichisme.

Le *Sabéisme* tient un rang plus élevé ; c'est l'adoration des corps célestes, du soleil, de la lune et des étoiles, soit séparément, soit tous ensemble. Ce système très-ancien, répandu sur toute l'étendue du globe, même au Pérou, s'est mêlé avec toutes les autres religions ; mais il Sabéisme.

(1) Mot qui vient du mot portugais *fetisso*.

(2) *Debrosses*, du Culte des dieux Fétiches, ou Parallèle de l'ancienne religion d'Égypte, etc., 1760.

n'existe plus sans mélange que chez quelques tribus isolées. Son nom vient des *Sabéens* ou *Sabiens*, ancien peuple de l'Arabie.

Les philosophes raisonnèrent sur les idées encore brutes de la multitude ; les législateurs en firent des instrumens de civilisation ou de servitude. Il se forma trois hypothèses sur la nature de l'univers : le *Matérialisme* ou le
Panthéisme, Dualisme, etc. *Panthéisme*, crut que tout ce qui existe est pénétré d'un esprit divin ; le *Dualisme* admet deux êtres éternels, Dieu et la matière, le bon et le mauvais principe ; enfin, le système des *Émanistes* supposa que tous les êtres, les bons et les mauvais génies, étaient émanés d'un Dieu suprême (1).

Polythéisme. Le Panthéisme, modifié par les lois nationales, et se confondant avec le Sabéisme, devint le *Polythéisme* raisonné ou mythologique. On peut classer sous ce nom toutes les religions dans lesquelles les attributs de l'Être-Suprême sont personnifiés sous la figure des êtres divins séparés. Ces religions ne sont donc rien moins que barbares ou indignes de la raison humaine ; elles sont les plus favorables à la poésie et aux beaux-arts ; elles ont fleuri chez les peuples les plus civilisés de l'antiquité. Néanmoins, elles sont de plusieurs genres très-différens l'un de l'autre : on peut les réduire à *trois* classes. La plus grossière est la religion des *Égyptiens*, dans laquelle les at-
Polythéisme égyptien ou Zoomorphisme. tributs de la divinité étaient figurés sous la forme des animaux, ce qui peut-être tenait à leur écriture hiéroglyphique. On peut l'appeler *Zoomorphisme*. Dans la religion des Grecs et des Romains, la nature humaine, mais embellie, servit de type aux diverses personnifications de la divinité. C'était donc un *Anthropomorphisme*. Elle variait à l'infini. L'adoration des héros nationaux modifia le
Polythéisme grec ou Anthropomorphisme. Polythéisme des Grecs et des Romains. La vénération des morts, en général, née d'un sentiment naturel, se mêla à toutes les religions ; mais dans quelques-unes elle paraît

(1) *Cudworth*, System. intellect., chap. I-III. *Dupuis*, Origine des Cultes.

avoir joué le premier rôle. C'était le cas parmi les *Celtes*, qu'on range d'ailleurs parmi les Polythéistes. Chez d'autres nations, comme les Syriens, les Chaldéens et les Phéniciens, le culte des astres et des forces physiques de la terre paraît avoir prédominé.

Dans la religion des Bramins, l'Être-Suprême lui-même est censé se déguiser sous diverses formes divines, humaines et animales. On sent qu'il serait possible de regarder cette croyance comme la source de toutes les autres, même du Fétichisme ; mais on soutiendrait avec un avantage égal que le Braminisme n'est qu'un Fétichisme ennobli. Toutes les erreurs se ressemblent. Quoi qu'il en soit, on peut qualifier de *Théomorphisme* la religion des Hindous. C'est de tous les cultes anciens celui qui s'est le mieux soutenu ; il règne encore parmi ces peuples. Deux de ses branches dominent sur le nord et l'est de l'Asie ; l'une est le *Schamanisme*, dont le chef est le *Dalaï Lama*, prêtre qui est censé ne jamais mourir : cette religion, mêlée du Féfichisme, est répandue en Tartarie, Mongolie et Sibérie ; l'autre branche est le *Buddisme*, ou le système braminique réformé par *Budda*, nommé aussi *Somonocodom* ; il est suivi chez les Birmans, à Siam, à Ceylan. La religion ancienne du Japon est une sorte de Schamanisme à côté duquel est venue s'établir la religion de *Fo*, qui est celle de la multitude à la Chine, et qui n'est qu'une branche de celle de Budda, mais dégénérée. Les prêtres sont nommés *Bonzes*.

Polythéisme des Bramins, ou Théomorphisme.

Schamanisme.

Buddisme.

Le système des deux principse, et celui des émanations, devaient naturellement se confondre, pour peu que les *Dualistes* accordassent de supériorité à l'un de leurs principes, ou pour peu que les *Émanistes* admissent la possibilité d'une révolte contre l'Être-Suprême. Voilà pourquoi les religions, dérivées de ces deux sources, se distinguent avec peine les unes des autres. Elles appartiennent même toutes ensemble au *Monothéisme*, si l'on convient d'appliquer ce nom à toute religion qui n'admet qu'un seul véritable Dieu, quelle que soit la foule de

Monothéisme.

génies, de fées, d'anges, de diables, dont on l'environne.

On connaît trois anciens systèmes religieux qui ont pour base un *Dualisme* plus ou moins prononcé. La première

Religion des Mages. est la religion des Mages, ou de Zoroastre, désignée aussi sous le nom de culte *Mithriaque*. Il y a un Être-Suprême, d'où sont émanés deux principes, l'un bon, *Oromase*; l'autre mauvais, *Arimane*: ils se combattent; le bon remportera à la fin une victoire complète. Cette croyance, défigurée par les historiens grecs (1), se conserve encore parmi les *Parsis* ou *Guèbres*, dans l'Indostan.

Religion des Slavons. On connaît moins la religion ancienne des peuples esclavons; Biel-bog, le dieu blanc, et Czerno-bog, le dieu noir, paraissent y figurer comme deux puissances ennemies. Des monumens authentiques nous donnent une

Odinisme. idée de l'Odinisme, qui régnait dans la Scandinavie; *Odin*, le chef de bons dieux; *Surtur*, le destructeur du monde, le mal physique; *Loke*, le mal moral, et tous les autres dieux, sont dans la dépendance d'*Alfader*, ou le Père universel (2).

A travers tant d'ingénieuses erreurs, ou de rêves bizarres, la céleste vérité se frayait en silence une route long-tems ignorée. Une petite nation reconnut l'utilité

Judaïsme. absolue de la Divinité pour base de sa religion. Le *Judaïsme*, dont plusieurs idées et images ressemblent à celles des Mages de la Perse, ou des prêtres égyptiens, se divise aujourd'hui en deux sectes principales, savoir: celle des Karaïtes, qui ne reconnaissent pour divins que les livres du Vieux Testament; et celle des Rabbinistes, qui attribuent une autorité presque divine au recueil connu sous le nom de Talmud.

Christianisme. Le *Christianisme*, qui a pris origine dans le sein du Judaïsme, et qui, mêlé ensuite avec la philosophie platonicienne, modifié par les progrès de l'esprit humain, s'est divisé dans une infinité de systèmes, étend aujourd'hui sa

(1) Voyez l'article *Perse*, vol. III de ce *Précis*. (2) Voyez l'article *Scandinavie*, vol. V de ce *Précis*.

bienfaisante influence sur les contrées les plus civilisées et dans toutes les parties du monde (1).

Église grecque.

L'Église grecque ou orientale, qui se rapproche le plus du Christianisme des 5e et 6e siècles, est tolérée dans toute la Turquie, protégée en Hongrie, Esclavonie, Dalmatie, et dominante en Russie. Parmi ces branches, on distingue les Nestoriens dans la Turquie d'Asie, autrefois très-répandus en Tartarie, en Mongolie, et jusque dans la Chine ; et les Monophysites, lesquels comprennent les Coptes en Egypte, et en Abyssinie les Arméniens et les Jacobites.

Église latine.

L'Église latine ou occidentale s'est séparée en deux grands partis.

Catholicisme.

L'Église catholique, apostolique et romaine, étend son empire sur la majeure partie de la France, sur l'Italie, l'Espagne, le Portugal, l'Autriche, l'Irlande, et dans les vastes colonies espagnoles et portugaises d'Amérique, d'Afrique et d'Asie. Le *Pape* en est le chef spirituel. L'Église gallicane se distingue par ses libertés, qui opposent une barrière invincible aux usurpations du pape.

Les Grecs-Unis, qui ont quitté l'Église grecque orientale, forment un faible appendice à l'Église catholique.

Protestantisme.

Les Églises protestantes, d'après des nuances assez légères, se partagent en trois branches. Le Luthéranisme ou l'Église évangélique domine en Prusse, Saxe, Hanovre, Danemarck, Norwége, Suède, Livonie. Le Calvinisme ou l'Église réformée domine principalement en Helvétie, dans quelques pays d'Allemagne, en Hollande ; elle règne également en Écosse sous le nom d'Église presbytérienne ; les Anglais donnent à ses sectateurs le nom de Puritains. On compte parmi les Réformés, les Indépendans ou Congrégationalistes, qui dominent par le nombre dans les Etats-Unis d'Amérique ; ils y ont plus de 1000 paroisses.

L'Eglise anglicane ou épiscopale ne se distingue des

(1) *Brerewood*, Recherches sur la diversité des langues et des religions, trad. de l'anglais par *La Montagne*. Paris, 1640.

autres Protestans que parce qu'elle a maintenu l'hiérarchie épiscopale. Elle règne en Angleterre, et, quoiqu'en minorité, domine impérieusement en Irlande.

Sectes ou petites Églises chrétiennes. Sans embrasser aucun système de l'intolérance, et sans vouloir insulter à des hommes souvent respectables, nous donnons ici le nom de *secte* à tout parti religieux qui n'est devenu, dans aucun endroit, assez nombreux pour dominer dans l'État. Les principales sectes chrétiennes sont : les *Unitaires*, Sociniens ou Antitrinitaires, protégés en Transylvanie, dans la Pologne prussienne : un très-grand nombre de Catholiques, de Luthériens et de Calvinistes sont en secret attachés à ce système ; les *Arminiens* ou Remontrans, parti né en Hollande, et qui s'est rapproché des Unitaires ; les *Mennonites*, d'abord connus sous le nom d'Anabaptistes, et décriés à cause de leur fanatisme, aujourd'hui les plus paisibles de tous les sectaires ; les *Baptistes*, parti nombreux en Amérique, où ils occupent 868 églises : ils ont quelque ressemblance avec les Anabaptistes ; les *Frères-Moraves* ou Hernhutes, espèce d'association monastique, qui, au reste, suit les dogmes du Luthéranisme, et repand les bienfaits de ses instructions douces et austères parmi les nations sauvages; les *Quakers* ou Trembleurs, enthousiastes paisibles, nombreux en Amérique et en Angleterre ; les *Shakers*, les *Tunkers* et autres associations semblables aux Quakers ; les *Swédenborgiens*, secte mystique de Suède et d'Angleterre ; enfin, les *Méthodistes*, qui se distinguent par une rigueur outrée en morale, et qui sont nombreux en Angleterre, et surtout dans les États-Unis.

Mahométisme. Le Christianisme, outre tous les ennemis sortis de son propre sein, a vu s'élever à côté de lui un rival d'abord dangereux et encore incommode, dans le *Mahométisme*, ou, d'après la façon de parler des Mahométans eux-mêmes, l'*Islam*, c'est-à-dire, l'Église orthodoxe ; cette religion n'est qu'un mélange de Judaïsme et de Christianisme, avec quelques ornemens poétiques. La religion mahométane domine dans la plus grande partie de l'Asie et de

l'Afrique, ainsi que dans la Turquie d'Europe ; elle est tolérée en Russie. On distingue, comme parmi les Chrétiens, plusieurs partis. Les *Sunnites*, bien que partagés sur la discipline en quatre partis, s'accordent à mettre le livre des traditions ou la *Sunna* au nombre de leurs écritures saintes, et à regarder *Omar* et ses successeurs comme des *Califes* légitimes. Ce parti est le plus nombreux ; les Turcs en sont. Sunnites.

Le nom de *Schiites* veut dire séparatistes ; les Sunnites le donnent à tous ceux qui se sont séparés d'eux : ils prétendent en compter 6 classes ; chacune a 12 subdivisions, ce qui fait 72 sectes hérétiques ; car les Turcs ont vu, comme *Bossuet*, que la multiplicité des hérétiques fournit un argument spécieux contre leurs doctrines. Mais, pour parler vrai, il n'y a parmi les Schiites qu'un seul parti considérable, c'est celui des *sectateurs d'Ali* ; ils dominent en Perse ; ils rejettent la Sunna. Schiites.

Il est difficile de rien dire de positif sur le nombre de sectateurs que compte chaque religion actuellement existante sur le globe. Un zèle maladroit engage les divers partis à exagérer leur nombre, comme si Sénèque n'avait pas eu raison de dire qu'une grande majorité est souvent un indice d'une mauvaise cause (1). Les incrédules surtout ont mis une importance ridicule à exagérer le nombre des Mahométans et des Païens. Nombre des individus de chaque religion.

Nous croyons qu'on peut adopter les sommes suivantes :

Le *Catholicisme*. { en Europe. . . . 88 millions. / hors de l'Europe. 28 — } . .		116 millions.
L'*Eglise grecque*.		70
Les *Églises protestantes*, etc.		42
Total du *Christianisme*.		228 millions.
Le *Judaïsme*.	4 à	5
Le *Mahométisme*.	100	110
Le *Braminisme*.		60
Le *Schamanisme*, ou la religion du Dalaï Lama. . . .		50
Le *Buddisme*, y compris la religion de *Fo*, etc. . . .		100
Le *Fétichisme*, et diverses autres croyances.		100

(1) *Argumentum pessimi, turba.*

Les langues et les croyances religieuses sont les liens de la *société morale*, qui souvent survit à la chute de la *société civile* et *politique*. Mais c'est celle-ci qui détermine la circonscription des États et des empires que la géographie politique est chargée de décrire. Il faut prendre une idée générale des formes variées de cette société.

Société domestique.

Les liens qui unissent le mari à l'épouse et les parens aux enfans, formèrent la famille ou la société domestique. Les rapports du maître au domestique prirent déjà origine dans cet état de la société. Le faible ne pouvant se procurer un patrimoine ni s'y maintenir, a dû de bonne heure se décider à réclamer la protection du plus fort. Plusieurs familles, se trouvant *voisines*, dûrent, après quelques disputes, s'accorder à rester en paix ensemble. Certaines règles s'établirent entre elles : ce n'étaient point encore des lois, mais c'étaient des coutumes. La réunion de ces familles ne formait point un État, mais seulement une société civile.

Société civile.

Ces petites sociétés durent bientôt s'apercevoir que leurs coutumes et observances avaient besoin d'être fixées, de prendre le caractère de lois. Des hommes d'un génie supérieur devenaient les législateurs ignorés de ces hameaux ou villages. Dès que les rapports des hommes entre eux furent fixés par des lois, la société politique exista.

Société politique.

Mais c'était une société sans gouvernement, et l'on tomba bientôt dans les maux de l'anarchie. Cette expérience apprit aux hommes qu'il fallait *une force physique* pour maintenir la force purement morale des lois ; ils établirent un gouvernement sous une forme quelconque. La convention qui fixe les lois primitives de la société civile, s'appelle *pacte social*. Celle qui fixe l'existence de la forme d'un gouvernement et les rapports qui en découlent, s'appelle *constitution*. Par cette dernière convention, la société civile se constitue en Etat, ou, si l'on veut, en *République* : car ce dernier mot, tiré du latin (1),

États ou républiques.

(1) *Res publica*, la chose publique, l'établissement public par excellence.

signifie originairement toute société civile ayant un gouvernement et des lois, sans égard à la forme.

Un gouvernement est l'unité de forces physiques établie par la volonté de la société civile pour maintenir les lois et la constitution. La force du gouvernement, régularisée par les lois constitutives, s'appelle le *suprême pouvoir*. Le *suprême pouvoir* peut être subdivisé en différentes branches, comme, par exemple : le pouvoir législatif, subdivisible en pouvoir proposant, délibérant et décrétant ; le pouvoir exécutif, subdivisible en pouvoir administratif, judiciaire, militaire, et de suprême inspection. Ces divisions sont, *en partie*, arbitraires. La manière dont le suprême pouvoir est organisé, subdivisé, concentré, s'appelle *forme de gouvernement*. Le *suprême pouvoir* représente la souveraineté nationale, qui n'est autre chose que le suprême pouvoir non organisé existant dans les mains d'une société civile sans gouvernement. Suprême pouvoir.

Les formes de gouvernement sont innombrables ; mais nous indiquerons les plus connues, en allant depuis l'état de *la plus grande dissémination* physique *des pouvoirs* jusqu'à celui de *leur plus grande concentration*. Ces deux extrêmes se rapprochent plus qu'on ne pense : ce sont deux anneaux d'un cercle qui se touchent. Formes de gouvernement.

La démocratie pure est un Etat où le suprême pouvoir est immédiatement exercé par la majorité de la nation. Cette forme de gouvernement diffère de l'état de la société civile primitive, dans laquelle tous règnent également. La démocratie commissoriale est un Etat où le suprême pouvoir est exercé par un conseil immédiatement choisi du peuple, révocable, responsable. De semblables fonctionnaires ne sont donc point les *représentans* de la nation, mais seulement ses mandataires, ses commis. On appelle démocratie représentative un Etat dans lequel le suprême pouvoir est exercé par des magistrats choisis par le peuple, qui le représentent, et qui, par conséquent, pris collectivement, sont souverains et non responsables. Cette forme se subdivise en démocratie représentative pure, lorsque le Démocratie.

peuple choisit immédiatement ses représentans; et en démocratie représentative électorale, où il y a des corps électoraux élus par le peuple, et qui choisissent les représentans.

Aristocratie

L'*aristocratie élective* se rapproche des démocraties représentatives. C'est un Etat où le peuple, immédiatement ou médiatement, choisit ses magistrats, non pas indistinctement parmi les citoyens, mais parmi une certaine classe déterminée par la loi. L'aristocratie élective est pure ou libre, lorsque le peuple a créé la classe privilégiée ou le corps aristocratique, lorsque l'entrée de ce corps est ouverte à tous les citoyens, lorsque les membres de ce corps sont soumis à l'action du suprême pouvoir dans les mains du peuple. L'*aristocratie* simple est un Etat où le peuple a choisi à perpétuité, pour son représentant plénipotentiaire, un corps qui gouverne et se renouvelle sans le concours du peuple. On appelle *aristo-démocratie* toute forme de gouvernement composée de celles que nous venons de nommer. Lorsque la partie aristocratique semble dominer, on a l'*aristocratie tempérée*; et dans le cas contraire, c'est la *démocratie tempérée.* L'immortelle Rome était, depuis l'expulsion des Tarquins, une *aristocratie héréditaire oligarchique*, qui se changea peu à peu en *aristo-démocratie* composée de tous les genres. Les *patriciens* étaient le corps aristocratique héréditaire; le *sénat*, une aristocratie élective libre; les assemblées du *peuple* représentaient la démocratie.

Monarchie démocratique.

La *monarchie démocratique* est une démocratie quelconque, où le suprême pouvoir est en partie exercé par un seul individu, et en partie par un corps démocratique. Comme le pouvoir suprême peut être divisé de plusieurs manières, il est impossible de fixer le nombre de tous les genres de *monarchie démocratique*. Elle peut être *héréditaire*, lorsque la nation a choisi une certaine famille; ou *élective*, lorsqu'à chaque vacance on choisit le monarque. Les élections peuvent dépendre du peuple, d'un corps électoral, d'un seul électeur. Ces variations sont com-

munes à d'autres genres de monarchie. Le *pouvoir législatif* peut être partagé entre les mandataires du peuple et le monarque, ou il peut appartenir aux premiers seuls. Les pouvoirs *judiciaire* et *militaire* peuvent être dépendans du monarque ou du corps de la nation. Le corps démocratique même peut être choisi sans ou avec participation du monarque.

Monarchie aristocratique. La *monarchie aristocratique* est un Etat où les branches du suprême pouvoir sont partagées entre un monarque et un corps aristocratique. Ce dernier corps peut être une aristocratie élective libre, lorsqu'une assemblée des représentans choisis par le peuple est placée à côté du monarque; une aristocratie élective héréditaire choisie ou par le peuple, ou par le monarque, ou par tous les deux conjointement; enfin, une aristocratie pure et perpétuelle, qui est indépendante à la fois du peuple et du monarque. Telle était la noblesse dans la plupart des Etats européens, avant l'époque actuelle.

La *monarchie aristo-démocratique* est un gouvernement composé d'un monarque, d'un corps aristocratique et d'un corps démocratique. On entend ordinairement par gouvernement mixte une semblable monarchie. Les différentes combinaisons de cette forme sont tellement multipliées, qu'il est impossible de les classer.

Monarchie absolue. La *monarchie pure ou absolue* est un Etat dans lequel le suprême pouvoir est tout entier confié à un seul individu, ou, en d'autres termes, un Etat dans lequel la majorité de la nation est représentée par un seul individu. La monarchie absolue diffère du *despotisme* en ce que le monarque tient son pouvoir de la nation, par consentement ouvert ou tacite; le despote, au contraire, prétend le tenir de Dieu ou de son épée. La *dictature* était une espèce de monarchie absolue, élective et temporaire dans la république romaine.

Anarchie. Le mot *anarchie* dit simplement absence du gouvernement. En prenant le mot gouvernement dans son sens véritable et honorable, il est évident que l'anarchie peut

exister de deux manières : 1° par la non-existence d'un pouvoir suprême quelconque dans la société civile ; 2° par la prédomination d'un pouvoir illégitime qui n'est pas un gouvernement.

L'anarchie peut se modifier de mille manières. Voici celles qu'il est utile de remarquer et de définir.

Ochlocratie. L'*ochlocratie* ou l'anarchie populaire existe lorsqu'une multitude, une tourbe quelconque s'empare d'un suprême pouvoir illégitime. Donc, la *majorité* même, lorsqu'elle n'est pas légalement constituée souveraine, ne peut exercer qu'un pouvoir anarchique. Oligarchie. L'*oligarchie* a lieu lorsqu'un petit nombre d'individus ou de familles, sans être choisis par le souverain constitutionnel, exercent le suprême pouvoir. Elle diffère donc de l'*aristocratie* pure. Démagogie. La *démagogie* existe lorsqu'un ou plusieurs individus, sans vocation légitime, mènent le peuple à leur gré, en exerçant réellement le pouvoir qu'ils semblent laisser dans la main de la multitude. Le terme de *tyran* signifiait originairement chef ou monarque : Virgile l'emploie deux ou trois fois dans ce sens honorable ; mais dans la suite il fut restreint à dénoter *celui qui dans une république usurperait le pouvoir monarchique absolu :* c'est là le sens ordinaire du mot chez les auteurs grecs et romains. Chez les modernes, on a réservé ce terme pour les abus violens et cruels de l'autorité dans tous les genres de gouvernement.

Despotisme. On a encore mal à propos confondu le mot *despotisme*, tantôt avec celui de *tyrannie*, tantôt avec celui de *monarchie absolue*. Le *despotisme* est un pouvoir absolu qui n'a point d'origine légale, et qui par conséquent ne reconnaît point de bornes. Le despote se prétend *maître* de son pays, de ses sujets, comme un particulier l'est de sa terre, de son bétail. Le despotisme n'est pas nécessairement *tyrannique*, ou cruel et violent ; il n'est pas absolument incompatible avec quelques *formes administratives* et quelques *institutions* qui appartiennent proprement aux États réguliers, ou même aux républiques.

Nous ne devons pas classer parmi ces formes de gou-

vernement ou d'anarchie, créées par l'homme, l'état singulier qu'on nomme *théocratie* : « C'est, disent les théologiens, un gouvernement institué par Dieu lui-même, » et dans lequel les prêtres-magistrats règnent au nom de » Dieu. » Telle était la constitution du peuple juif. Chez eux, la théocratie était unie à la démocratie, et ensuite à la monarchie. Les papes, dans le moyen âge, cherchaient à établir une théocratie sur une plus grande échelle. Théocratie.

Nous devons encore remarquer les *systèmes fédératifs*, qui sont des réunions de plusieurs Etats indépendans sous une autorité supérieure choisie par eux, et qui ont des pouvoirs plus ou moins étendus pour maintenir parmi eux l'ordre, et pour les défendre contre des ennemis externes. On peut dire qu'une confédération dans laquelle tous les membres sont égaux, est une démocratie d'Etats : telle est celle d'Amérique. Cependant il y a eu des confédérations avec un chef : le ci-devant empire germanique était de cette nature. Les confédérations ont quelquefois des *sujets* en commun. Les Suisses en avaient sur ce pied plusieurs districts. Système fédératif.

La géographie politique considère dans les sociétés humaines, outre le lien général ou la forme du gouvernement, les liens particuliers qui attachent les individus à la société, et qui résultent de la position assignée à ces individus, ou de la division en *classes* et *ordres*.

Dans l'état le plus sauvage, l'homme isolé se procure immédiatement le peu qui lui est nécessaire ou qui tente ses désirs. Dès que les familles commencent à se rapprocher, elles se réunissent pour des travaux communs; mais lorsque le nombre des familles augmente, la société, plus forte, se partage les travaux. Les différens produits de chaque travail sont dès-lors échangés réciproquement. Ces échanges n'étant pas sans incommodité, on réfléchit sur les moyens de les abréger et faciliter. On choisit pour mesure de comparaison entre les valeurs, ou quelque article généralement recherché, comme le blé, le bétail; ou quelque matière réputée précieuse, telle que l'or et Origine des classes sociales.

l'argent. Ce signe devient *monnaie* : les productions deviennent *marchandises;* au lieu de les troquer, on les *achète.* Maintenant, quelques esprits observateurs s'aperçoivent qu'on peut gagner sur l'achat et la vente ; ils se font entremetteurs entre les acheteurs et les débiteurs : voilà le commerce qui prend son premier essor. Bientôt les fonctions d'administrer ou de défendre l'Etat deviennent trop pénibles et trop compliquées pour pouvoir être remplies gratuitement : on salarie les *fonctionnaires;* au lieu de guerriers, on a des soldats. En même tems, chaque pouce de terrain a reçu son maître ; toutes les propriétés ont été fixées ; elles ont passé d'une main dans l'autre; le hasard a favorisé l'un, l'adresse a servi l'autre. Ceux qui ont été malheureux ou maladroits se trouvent donc dans l'impossibilité de rien produire par eux-mêmes : ils louent leurs forces ou leur adresse à d'autres.

Classe productive.

Voilà le cercle social parcouru tout entier ; nous indiquerons maintenant les diverses classes qui en résultent.

La classe productive comprend tous ceux qui tirent de la terre ou d'un autre élément quelconque des productions utiles à la société : cultivateurs, pêcheurs, chasseurs, vignerons, mineurs et autres. Il y a des peuples composés en totalité d'une ou plusieurs classes productives ; tels sont les peuples pasteurs ou *nomades*, les peuples pêcheurs ou *ichtyophages.* Dans les Etats civilisés, il existe une classe productive toute particulière. Le savant qui agrandit l'empire des idées, et l'homme de lettres qui ennoblit les sentimens et les mœurs, ne produisent-ils pas de véritables richesses nationales, des richesses d'un prix inestimable et d'une durée éternelle ?

Classe industrielle.

La classe industrielle renferme ceux qui, en perfectionnant ou combinant des produits bruts, en composent des produits artificiels. Quand ces travaux demandent éminemment de l'esprit et du goût, ils méritent le nom de *beaux-arts;* quand ils exigent principalement une habileté corporelle, ils s'appellent *arts mécaniques.* Une *manufacture* est un établissement où un art est exercé en grand.

Le nom de *fabrique* semble surtout désigner un de ces établissemens où l'on emploie de grands instrumens et des moyens violens.

La *classe commerciale* se compose des *commerçans* proprement dits, qui vendent et achètent, en gros et en détail, les produits de la nature et de l'art; des divers genres de *commissionnaires* qui facilitent l'exécution des achats et des ventes; des *banquiers* et *agens de change*, qui bornent leurs opérations aux signes représentatifs des marchandises; enfin, des *navigateurs* et *voituriers*, en tant que ceux-ci, propriétaires de leurs moyens de transport, ne rentrent pas dans la classe des mercenaires. Classe commerciale.

Nous réunissons dans une seule classe les *fonctionnaires* et *employés* publics avec la force armée de terre et de mer. Ne sont-ils pas, les uns comme les autres, investis d'une partie plus ou moins grande de la force sociale? Ne sont-ils pas les agens du suprême pouvoir? Classe des employés publics.

La dernière classe comprend les *mercenaires* de toute espèce qui louent leur travail à d'autres particuliers, ou principalement à la société; elle se compose des journaliers et des domestiques. Cette dernière classe est surtout nombreuse dans les Etats où règne un grand luxe. Classe des mercenaires.

La proportion numérique dans laquelle ces classes se trouvent dans un Etat, est une des questions les plus intéressantes de la *statistique*. C'est d'après cette proportion qu'on donne à telle ou telle nation le nom de *peuple agricole*; à telle autre, celui de *peuple commerçant*.

Les *classes* naissent de la nature même de la société; mais les *castes* et les *ordres* sont créés par des lois et des institutions. On entend par *caste* une classe héréditaire qui est chargée exclusivement d'un genre d'occupation. Ce système de division existait dans l'Inde, la Perse, l'Arabie-Heureuse et l'Egypte; on l'explique d'une manière très-vraisemblable par la différence originaire des tribus primitives dont la réunion forma la nation; la caste des prêtres et celle des guerriers, en Egypte, étaient probablement deux tribus policées qui vinrent subjuguer quel- Castes.

ques hordes d'agriculteurs et de pasteurs ; le vainqueur dédaigna de se mêler avec les vaincus, et, plus tard, les législateurs cousacrèrent uue division que le hasard avait établie (1). Les *ordres politiques* dans les Etats d'Europe diffèrent essentiellement des castes, en ce qu'ils n'ont pas d'occupation qui leur soit exclusivement réservée ; ou s'ils en out, comme le *clergé*, ils ne sont pas héréditaires. Dans le moyen âge, quand les armées consistaient en cavalerie, la *noblesse* se rapprochait beaucoup de la nature d'une caste ; aujourd'hui ce n'est qu'un ordre d'Etat.

Ordres d'Etat.

La *bourgeoisie*, ou le *tiers-état* (2), et les *paysans*, formeut, dans quelques Etats, des ordres recounus par la constitution ; en Suède, l'ordre des paysans est très-influant ; il était de même dans le Tyrol avant les derniers événemeus ; mais il y a encore quelques pays où les cultivateurs, soumis au joug de la servitude personnelle, forment une véritable caste coudamnée à une abjection éternelle.

Dans les Etats despotiques, comme en Turquie et en Chine, il n'y a poiut d'ordres : l'esclavage rend tous les individus égaux. En Europe, c'est l'esprit de corps des ordres d'Etat, c'est l'équilibre résultaut de leurs prérogatives, opposées eutre elles et au suprême pouvoir, qui garantissent la liberté politique. C'est donc eu décrivaut l'Europe que nous ferons conuaître les iustitutions de chevalerie, les distinctions honorifiques et d'autres institutions qui ont pour but, soit de marquer les degrés daus la société, soit d'en rendre la distance moins sensible.

Dénominations des souverainetés.

Il serait de peu d'iutérêt de compter combien il y a de dénominations usuelles pour désigner les divers Etats existans sur le globe. L'emploi des termes d'*empire*, de *royaume*, de *sultanat*, de *khanat* et autres, s'apprendra successivement dans la partie descriptive de cet ouvrage. Il serait également iuutile de nous livrer ici à des consi-

(1) Comp. *Heeren*, Idées sur la politique et le commerce des anciens, I, 361 (en all.) (2) *Tiers-Etat*, ou plutôt *tierce Etat*, c'est-à-dire *tertius status*, le troisième ordre.

dérations sur les *titres* que prennent les chefs des Etats, depuis le modeste président des Etats-Unis jusqu'au superbe empereur de la Chine, qui se dit fils du Ciel, et qui pourtant n'est que le faible imitateur des monarques persans qui s'intitulaient *Rois des Rois, princes des étoiles, frères du soleil et de la lune* (1). Les vains sons n'influent point sur la prospérité ni sur la puissance des Etats (2). La géographie politique ne s'occupe aussi qu'en passant des *armes* et des *couleurs* par lesquelles les divers Etats marquent leurs drapeaux, leurs pavillons et leurs poteaux de frontières. Titres des chefs des Etats. Armes.

C'est un objet bien plus grave de connaître les *forces* matérielles des Etats. C'est le but particulier d'une vaste science nommée *arithmétique politique* (3); mais les résultats de cette science doivent figurer dans les descriptions de la géographie politique. Forces de l'Etat.

Le premier élément est la valeur du territoire et de ses productions. Ici, les divers objets des trois règnes de la nature sont classés d'après leur utilité dans la vie et leur valeur comme marchandise. Les gouvernemens eux-mêmes ne connaissent que par approximation la valeur de ce que produisent l'agriculture, la pêche, la chasse et les mines, et quelle est la proportion exacte de ce que leur nation vend à d'autres et de ce qu'elle achète. Souvent les gouvernemens ne publient pas même les renseignemens imparfaits qu'ils possèdent à cet égard. La géographie politique ne peut donc pas absolument garantir les tableaux de productions, d'exportations et d'importations qu'elle est obligée de recueillir avec tant de peine. Pour rendre pourtant ces indications aussi utiles que possible, il faut qu'elle fasse connaître les valeurs dans lesquelles les tableaux de ce genre sont calculés; les *monnaies*, les *poids* et les Valeur du territoire.

(1) *Ammian. Marcell.* XVII, 5; XXIII, 6.

(2) *Becmanni*, Syntagma dignitat. illust. Dissert. III, cap. 3.

(3) Voyez les ouvrages de *Young*, de *Petty*, etc., cités p. 561 et 562; les Traités généraux de *statistique*, par *Achenwall*, *Toze* et *Mensel*, (en all.)

mesures de chaque pays. Cet objet, qui varie d'Etat en Etat, ne doit nous occuper que dans les descriptions spéciales.

Industrie, commerce, manufactures.

Au second rang, parmi les élémens de la force publique, on doit placer l'*industrie* commerciale et manufacturière ; c'est elle qui accumula sur le rocher de Tyr, sur les arides coteaux de l'Attique, sur les plages sablonneuses d'Alexandrie, les trésors du monde ancien ; c'est elle qui, dans les tems modernes, fit la grandeur de Venise et de la Hollande. Ici la géographie politique doit remarquer la situation des côtes maritimes d'une contrée, le nombre et la nature de ses ports, l'état des grandes routes, celui des canaux de navigation, objets qui tous influent très-directement sur la prospérité industrielle à laquelle un pays peut atteindre. Il faut encore faire attention aux diverses institutions commerciales, telles que les grandes *banques* nationales qui servent à l'échange rapide des signes représentatifs des marchandises, et les *compagnies* et *sociétés de commerce*, parmi lesquelles il y en a qui possèdent en souveraineté de vastes provinces hors de l'Europe.

Population.

La *population* d'un Etat est le troisième élément de sa force. Nous avons vu, dans un Livre précédent, que les rapports entre les décès, les naissances et le nombre des vivans font deviner, à peu de chose près, la population d'une contrée ; mais les *recensemens* seuls la font connaître avec certitude. Même lorsqu'on a des recensemens authentiques, il convient de ne pas s'y fier aveuglément. Souvent on compte deux fois les mêmes individus, ce qui arrive toutes les fois qu'on fait le dénombrement des campagnes *en été*, et celui des villes *en hiver* ; cette erreur est très-commune.

Recensement.

Le nombre des habitans est la base de tout bon système de finances : plus il y a d'individus, pourvu qu'ils aient de quoi se nourrir, plus le commerce et les manufactures peuvent prendre d'essor, et par conséquent plus les revenus s'augmentent. C'est également sur le nombre d'habitans que se mesure celui des troupes. On compte que les hommes capables de porter les armes font environ la

quatrième partie de tous les habitans. Mais le plus grand effort qu'un Etat, même le plus militaire, puisse faire dans un cas de nécessité extraordinaire, c'est d'armer la huitième partie de la population : même on n'en connaît aucun exemple dans l'histoire moderne.

Observons encore que plus une masse est concentrée, pourvu qu'elle ait l'espace nécessaire pour se mouvoir, plus elle acquiert d'énergie : donc un petit pays bien peuplé est, proportion gardée, plus puissant qu'un vaste Etat dépourvu d'habitans. On regarde un pays comme étant bien peuplé, lorsqu'il compte 5 à 600 habitans par lieue carrée (anc. mes.). L'Angleterre proprement dite est peuplée à raison de 900 par lieue carrée; mais l'Irlande et l'Ecosse offrent des proportions moins favorables. La Hollande avait, avant les troubles de 1788 et les révolutions qui les ont suivis, 4414 habitans par mille géographique carré, ce qui fait 1226 par lieue carrée. L'île de Malte est probablement la contrée la mieux peuplée : elle avait plus de 4000 ames par lieue carrée; mais ces phénomènes ne sont que des exceptions locales très-rares. Au contraire, il est assez ordinaire de trouver, dans la Russie d'Europe, des gouvernemens qui n'ont pas 100, pas même 50 habitans par lieue carrée (1).

Rapport de la population à l'étendue du territoire.

Les *revenus de l'Etat* varient selon le capital qu'il possède en territoire, productions et hommes. Ce sont, à proprement parler, des intérêts que l'Etat prélève sur les revenus de tous les particuliers. Les essais que l'arithmétique politique a faits pour évaluer les revenus de toute une nation, n'ont jusqu'ici produit que des résultats très-incertains. La géographie politique se borne à indiquer la somme des revenus de chaque Etat, et les principales sources d'où ils découlent; ces indications sont fournies dans plusieurs Etats par le *budjet* annuel; c'est ainsi qu'on appelle le tableau des finances soumis à l'approbation

Revenus de l'Etat.

(1) *Busching*, Introduction à la connaissance géographique des Etats de l'Europe.

du corps aristocratique ou démocratique participant à l'exercice du suprême pouvoir. Toutefois, comme ce tableau est quelquefois destiné à contre-balancer les idées défavorables que pourrait faire naître l'accumulation des

Dettes de l'Etat.

dettes publiques de l'Etat, il arrive que la politique y étale des recherches imaginaires.

Dans les monarchies absolues, ces faux calculs sont superflus; mais les vrais restent souvent ensevelis dans les bureaux ministériels, jusqu'à ce qu'un heureux hasard ou la volonté d'un souverain éclairé les livre à une utile publicité. Comme ce n'est qu'en Europe qu'il existe un véritable *système de finances*, c'est dans la description de cette partie du monde que nous indiquerons les diverses espèces d'*impôts* et de *contributions*, et toutes ces circonlocutions ingénieuses sous lesquelles les gouvernemens civilisés déguisent la phrase : *donnez-nous de l'argent;* tandis que les chefs des nations barbares enlèvent *in naturâ*, et le plus souvent d'une manière arbitraire et désordonnée, les objets dont ils ont besoin.

Force armée

La *force armée* de terre et de mer est malheureusement, mais nécessairement, le principal objet des soins d'un gouvernement quelconque.

Les tribus sauvages, et même quelques peuples à demi-policés, ont la coutume de marcher à la guerre tant qu'il y a des hommes capables de porter les armes. Rien ne les empêche de faire ainsi, car la pêche et la chasse sont des métiers qu'une nation sauvage transporte avec elle. Pour l'agriculture et le soin des bestiaux, les femmes peuvent y suffire; mais dès que les travaux sont multipliés et divisés, c'est-à-dire dès qu'il y a des classes productives, industrielles, commerçantes à part, il est impossible de faire armer ni combattre une nation *en masse*, sans ruiner entièrement des métiers et des travaux nécessaires à sa subsistance. Il a donc fallu créer une classe uniquement destinée au métier de la guerre : telle était, dans le moyen âge, la destination de la noblesse et de la chevalerie; mais l'invention de la poudre et de l'artillerie, l'introduc-

tion d'un nouveau système de fortification, le perfectionnement de la tactique, changèrent l'art presque mécanique de la guerre en une vaste et profonde science qu'il faut étudier pendant de longues années. Cette considération, fortifiée par des motifs d'ambition et de politique, donna lieu à rendre l'établissement temporaire des armées stable et *permanent*. Les puissances européennes ont, depuis plus d'un siècle et demi, des troupes toujours sur pied, prêtes à marcher au premier signal. Leur entretien absorbe aujourd'hui le tiers, et souvent la moitié de tous les revenus publics.

Les *forces de terre*, ou l'*armée*, se composent de trois parties ou armes différentes, principales, avec leurs subdivisions, savoir: l'*infanterie* ou les combattans à pied, la *cavalerie* ou les combattans à cheval, l'*artillerie* qui dirige l'emploi de ces machines meurtrières d'où dépend le sort des batailles, et le *génie* qui calcule la défense ou l'attaque des places fortifiées. Il ne suffit pas d'indiquer, dans la description d'un royaume, le nombre et l'emplacement des forteresses, les passes ou défilés les plus importans, ainsi que le nombre de troupes qu'il a sur pied; il faut encore dire si ce sont des *troupes régulières* ou des bandes sans discipline et sans science, dont le nombre n'est redoutable que sur le papier; il faut indiquer les avantages et désavantages physiques de la frontière d'un Etat. Forces de terre.

De même il ne suffit pas de connaître le nombre de *bâtimens de guerre* dont se compose la marine ou la flotte d'une nation; il faut encore savoir si elle possède un nombre suffisant d'officiers habiles et de matelots expérimentés; il faut observer si elle domine sur de vastes côtes garnies de bons ports, ou si elle ne touche à la mer que par quelques points isolés. D'après les circonstances, un Etat a besoin d'une flotte de *vaisseaux de ligne* et de *frégates* pour se battre en pleine mer, ou seulement d'une *flotille de chaloupes canonnières* pour défendre ses côtes, ses détroits et ses ports. Marine militaire. Flotte et flotille.

Enfin, les Etats ont encore, outre leurs forces propres

et spécifiques, une force de situation qui dépend de leurs *relations extérieures*, et surtout des alliances, soit diplomatiques, soit naturelles, qui les rendent mutuellement amis ou ennemis. La balance qui résultait des alliances des diverses puissances de l'Europe était appelée l'*équilibre politique*; les événemens l'ont fait disparaître, du moins en partie et pour un tems; mais il est encore utile d'en examiner les principales bases, ce que nous ferons dans la description de l'Europe.

Relations extérieures.

Etat moral.

L'*état moral* d'une nation est le résultat de tous ces rapports politiques et sociaux que nous venons d'indiquer. Cet état se manifeste par divers traits dont la géographie politique a soin de recueillir les plus marquans.

Habillement

Parure.

La manière de s'habiller est plus qu'un simple objet de curiosité; l'ample habit des Orientaux et le vêtement serré de l'Européen influent sur la constitution physique et morale des nations; la nudité de certaines nations leur procure des avantages corporels, une légèreté, une force, une santé robuste, inconnues aux nations vêtues; mais avec ce besoin de moins, on a moins d'industrie et un esprit moins éveillé. L'usage de se peindre, soit en gravant des figures dans la peau, soit en la couvrant simplement d'un enduit colorant, marque l'enfance de la civilisation et le premier essor de la vanité, mère du luxe. Souvent aussi les rangs et dignités sont indiqués par le vêtement ou la parure; une *pagne* particulière est l'emblème de la royauté à Otaiti. Les prêtres siamois se réservent le droit de se faire raser les sourcils; un collier de dents humaines est la décoration des plus nobles d'entre les nègres.

Habitations.

Les habitations ordinaires d'un peuple indiquent presque infailliblement le degré de civilisation auquel il est parvenu. On pourrait partager le genre humain en quatre classes, d'après les quatre genres d'habitations que voici: 1° Cavernes dans les rochers et sous terre; ceux qui en font leur demeure ordinaire sont appelés *peuples troglodytes*; 2° Cabanes de terre, de branches d'arbres, de pierres ou de quelque autre matière brute ou grossièrement travaillée;

3° Tentes : ces mobiles demeures paraissent préférables à nos palais, aux yeux des peuples nomades ou pasteurs ; 4° Maisons, qu'on pourrait définir cabanes perfectionnées ; car même la plus superbe colonnade n'est qu'une imitation ennoblie des poutres grossières qui soutenaient le toit de chaume. On trouve en Europe des maisons construites de poutres non équarries, de poutres équarries et garnies de boiseries, d'argile battue et de bois équarri, de briques et de bois, de briques seules, de pierres brutes, de pierres de taille et de marbre.

Villes, bourgs, villages.

Le nom de *ville*, à parler rigoureusement, n'est pas donné à un assemblage de maisons en raison de l'étendue ou de la population, mais en vertu des priviléges dont l'endroit jouit. Le droit d'exercer le commerce, les arts et les métiers ; voilà ce qui distingue, dans la plupart des pays, les villes des *villages*. Les villages sont quelquefois plus grands que plusieurs villes, par exemple en Silésie ; mais ils n'ont ordinairement aucun privilége qui les distingue du reste des campagnes. Les *bourgs* sont des endroits qui jouissent d'une partie des droits accordés aux villes. Au reste, ces mots prennent différens sens, selon les lois et les usages de différens pays.

Ustensiles et instrumens.

Les *ustensiles* et *instrumens* ne sont pas des objets moins dignes de l'attention d'un observateur philosophe. Les arcs, les javelots, les filets des sauvages méritent souvent d'être remarqués comme ouvrages d'une patience et d'une adresse admirables.

Nourriture.

La *nourriture* des diverses nations paraît un objet de peu d'importance à l'Européen, accoutumé à voir toutes les substances alimentaires servir indistinctement sa gourmandise. Mais il y a des nations qui vivent presque exclusivement d'une seule espèce d'aliment. Les peuples *frugivores*, *carnivores* et *ichtyophages* sont disséminés sur toute la surface du globe ; le goût pour la chair du cheval paraît particulier aux Mongols, aux Tartares, aux Finnois et autres descendans des Scythes, même aux peuples slavons et gothiques ; c'est en Afrique que les anciens et

les modernes placent les peuples *acridophages* ou mangeurs de sauterelles. La misère réduit même quelques tribus à dévorer de la terre glaise.

La géographie spéciale remarque avec soin ces différences, souvent très-importantes par leur effet moral. Mais quant à l'*anthropophagie*, ou l'horrible coutume de manger de la chair humaine, il paraît démontré qu'elle n'appartient en particulier à aucune nation; toutes les tribus sauvages s'y sont livrées, soit par l'effet d'une haine féroce contre des ennemis, soit par les inspirations d'une superstition atroce, soit enfin dans le cas de disette extrême. Non-seulement les relations modernes l'attestent à l'égard de tous les peuples d'Afrique, d'Amérique et d'Océanique; mais on entrevoit par plusieurs passages des anciens, que cet usage était répandu en Europe. Les poëtes l'attribuent aux Cyclopes et aux Lestrygons, qu'ils placent en Italie (1); les historiens en accusent les Scythes (2), les Cimbres (3), une tribu de Calédoniens (4) et d'autres peuples du nord. Les héros et les dieux d'Homère se servent des expressions empruntées de l'anthropophagie: Jupiter reproche à Junon qu'elle a envie de manger, cru ou apprêté, le roi Priam et ses enfans. Les sacrifices humains étaient connus des Grecs, des Romains, aussi-bien que des Celtes, des Scandinaves et des nations orientales. Or, ces horribles sacrifices paraissent souvent avoir été terminés par un festin plus horrible encore. L'usage dégoûtant d'ensevelir dans leurs propres entrailles les cadavres de leurs parens, est attribué aux Issedones (5), aux Massagètes (6), à plusieurs tribus de l'Inde (7), aux peuples du Thibet et des îles Marianes (8), et aux anciens Irlandais (9).

Anthropophagie.

Boissons.

Le désir de se procurer une exaltation momentanée a fait inventer chez toutes les nations des boissons enivrantes,

(1) *Hom.*, Odyss. IX, 290; X, 129. (2) *Herod.*, IV, 18-20. *Plin.*, VII, 2.
(3) *Diodor.*, V, cap. 32. (4) Hieronym., ap. *Buchan*, rer. Scotic. II, p. 55, édit. Wechel. (5) *Herod.*, IV, 26. (6) *Strab.*, XI, 353, édit. Casaub. Atreb. *Herod.*, I, cap. 216. (7) *Herod.*, III, cap. 99-100.
(8) *Rubruquis*, *Marc-Paul*, *Mendanna*, etc. (9) *Strab.*, IV, 139.

dont la nature différente, depuis nos vins les plus généreux jusqu'au dégoûtant *ava* des Otaïtiens, mérite d'être indiquée dans les descriptions géographiques.

Dans l'immense variété d'*usages* qui donnent à la vie sociale de chaque nation sa physionomie particulière, la géographie physique choisit les traits les plus marquans, ceux qui intéressent la morale et ceux qui servent à éclaircir l'histoire de l'espèce. Ainsi, la *circoncision* introduite chez des nations africaines non mahométanes; les *momies* des Guanches, semblables à celles de l'Égypte; la coutume de laisser les corps morts sécher à l'air, commune aux Otaïtiens et aux anciens Mèdes; la coutume des femmes indiennes, wendes et scandinaves, de s'immoler sur le tombeau de leurs époux; et en général tout ce qui regarde les mariages, les naissances et les funérailles, offrent des analogies intéressantes. Usages.

Les *lois civiles* présentent quelquefois des singularités qui méritent d'être consignées dans le tableau d'une nation. Il suffit de rappeler ces réglemens qui marquent scrupuleusement un cérémonial humiliant, ces supplices qui font frémir l'humanité, ces tarifs de meurtres et de mutilations, ces épreuves superstitieuses encore en vigueur chez diverses nations, et mille autres traces d'une ancienne barbarie ou monumens d'une tyrannie récente. L'état des lumières sociales termine cette longue série des rapports sous lesquels on peut envisager les nations. Possèdent-elles de riches dépôts où s'accumulent les découvertes du génie et les observations du savoir? chérissent-elles, dans de beaux poëmes, l'expression des plus nobles sentimens de l'humanité et du patriotisme? les savans et les gens de lettres occupent-ils le rang honorable qui leur est dû? voilà des questions dont la solution est essentielle pour connaître le degré de civilisation et de force morale d'un peuple. Lois civiles. Lumières.

L'ensemble de tous ces rapports que l'on vient d'indiquer forme le caractère d'une nation. On peut distribuer les nations en trois classes générales. Les *sauvages* sont ceux qui ne connaissent point l'art d'écrire ou de fixer Classes des nations. Sauvages.

leurs pensées par des signes équivalens à l'écriture. Leurs idées mobiles ne s'attachent qu'aux choses qui frappent leurs sens ; ils aiment à se parer d'une manière qui nous semble ridicule ; ils s'adonnent aux exercices du corps, et nous y surpassent infiniment. Leur industrie se borne ordinairement à un peu de jardinage, à la pêche et à la chasse. Cependant quelques-uns font des ouvrages très-jolis, et ont même des habitations commodes et élégantes.

Barbares ou demi-civilisés. La classe des *barbares*, ou *demi-civilisés*, comprend tout peuple qui, par l'écriture, par des lois écrites, par une religion extérieure et cérémonielle, par un système militaire plus stable, s'est éloigné de l'état sauvage. Mais les connaissances qu'un tel peuple possède ne sont encore qu'un amas irrégulier d'observations incohérentes : ses arts sont exercés par routine ; sa politique se borne à la défense momentanée de ses frontières, ou à des invasions sans plan. En général, il ne fait que des progrès lents et incertains, parce que, même en marchant vers la civilisation, il n'a encore aucune idée de ce sublime but de l'existence du genre humain.

Peuples civilisés. Un peuple *civilisé* est celui qui a rangé ses connaissances en forme de *sciences*; qui ennoblit ses arts mécaniques jusqu'à en faire des *beaux-arts*; qui, pour l'expression de ses sentimens, a créé des *belles-lettres*; un peuple qui a un système fixe de législation, de politique et de guerre, calculé non-seulement pour le moment, mais pour les siècles à venir; un peuple chez qui la religion, dégagée des superstitions, n'a que la morale pour but ; un peuple enfin qui se soumet au droit de la nature et des gens, en se regardant, en tems de paix, comme l'ami de toute autre nation, et respectant, même en tems de guerre, les propriétés des citoyens non armés.

Caractère. Le *caractère* général d'une nation est le résultat de toutes les circonstances physiques dans lesquelles elle se trouve, et des institutions politiques qui modifient ces circonstances. S'il dépend du climat? Il est donc absurde de faire dépendre ce caractère du climat seul. Sans doute le froid extrême, comme

la chaleur extrême, gênent l'essor d'un peuple en affaiblissant sa constitution ; mais les institutions et les mœurs luttent avec avantage contre le climat : l'Egypte, sous le tropique, et la Scandinavie, sous le cercle polaire, ont également vu naître des héros, des génies et des sages.

La nature du pays a plus d'influence que la température. Ces centres montagneux de la Grèce étaient jadis les demeures chéries du courage et de l'indépendance; ils sont encore aujourd'hui les endroits les moins accessibles au despotisme. En Thrace, les *Sarres*, habitans des montagnes, conservèrent plus long-tems leur indépendance (1) ; dans ces mêmes montagnes, ainsi qu'en Macédoine, on trouve aujourd'hui des hordes de Turcomans qui vivent presque à leur fantaisie (2). Les Illyriens résistèrent aux rois de Macédoine et aux légions romaines (3). Les *Arnaouths* ou Albaniens, errans sur ces mêmes montagnes, n'obéissent aux Turcs que lorsque ceux-ci les payent. Les *Grecs*, tout opprimés qu'ils sont, offrent encore, dans quelques cantons montagneux, le caractère mâle et l'esprit républicain de leurs ancêtres. Sans parler des Maïnotes, tant de fois cités, regardons le bourg d'*Ambélakia*, placé sur le penchant du mont Ossa, au-dessus de Tempé : ses habitans, aussi braves qu'industrieux, ont deux fois repoussé les troupes ottomanes, et aucun Turc n'ose se montrer dans leurs heureuses montagnes (4). La petite ville de *Parga*, située entre les rochers et la mer, a souvent offert le spectacle de femmes s'armant et combattant pour la liberté (5). Les *Sphachiotes*, qui habitent les monts Blancs dans l'île de Crète, n'ont été que récemment subjugués par leurs discordes plutôt que par les armes des Turcs; ils conservent encore plusieurs institutions des anciens Crétois (6). L'audace, la constance, la présence d'esprit qui élèvent, en général, les peuples de l'Europe

Nature du pays; son influence.

Peuples montagnards

(1) *Herodot.*, l. VII, cap. III. (2) *Félix Beaujour*, t. I, p. 325.
(3) *Liv.*, l. 43, cap. 19. *Justin*, etc. (4) *F. Beaujour*, t. I, p. 272.
(5) *Scrofani*, Voyage en Grèce, t. III, p. 21.
(6) *Savary*, Lettres sur la Grèce, lett. XXXVI.

au-dessus du reste des humains, sont peut-être dues à notre sol plus entrecoupé, plus âpre et plus stérile. Ces qualités appartiennent éminemment aux habitans des Alpes, des Dofrines et des Cévennes.

Les nations qui habitent dans les montagnes, surtout lorsque, jalouses de leur liberté, elles vivent séparées en de petits Etats, parlent ordinairement un grand nombre de dialectes, qui, avec le tems, et en se répandant, deviennent autant de langages. Dans le Caucase, on parlait vingt-six idiomes différens (1). Rappelons-nous les nombreux dialectes de la Grèce et de la Scandinavie.

Peuples habitans des plaines.

Les peuples qui habitent de vastes plaines dépourvues de grandes rivières et de forêts, se livrent naturellement à l'entretien des troupeaux et à une vie errante. Le gouvernement *patriarcal*, souche du despotisme, naît au milieu des tribus *nomades*. L'isolement ralentit les progrès de la population ; la facilité avec laquelle on se procure les alimens retarde la naissance des arts et de l'industrie. Telle est la cause de la barbarie où restent les nations de l'Asie centrale. Mais si ces peuples rencontrent des fleuves considérables, bordés de prairies favorables à leurs troupeaux, ils en suivent le cours (2) ; et, descendus dans des vallées fertiles, ils deviennent pêcheurs et agriculteurs ; ils fixent leur domicile, et voient peu à peu naître dans leur sein tous les arts et toutes les sciences. Ainsi, les Mongols, descendus de leur plateau, ont pu devenir les fondateurs des nombreuses villes de la Chine ; ainsi une horde africaine, en suivant le Nil depuis Méroë et la Haute-Ethiopie, est venue créer successivement les merveilles de Thèbes et celles de Memphis.

Nomades.

Pêcheurs et agriculteurs

Peuples demeurant dans les forêts.

Les forêts dûrent être les premières habitations des nations européennes, lorsqu'elles se nourrissaient de glands : encore aujourd'hui les forêts de palmiers sont en Afrique l'asile des nations. La chasse des animaux fut une occupation naturelle de ces peuples ; mais aux premières lueurs

(1) *Strab.*, XI. *Reineggs*, Voyage, etc.
(2) Comp. *Deguignes*, Histoire des Huns, II, p. 5.

de la civilisation, les nations de chasseurs, ayant le corps et l'esprit formés par des exercices violens, des dangers et des travaux perpétuels, durent prendre un essor bien plus rapide que les peuples pasteurs, et bâtir plus tôt des maisons et des villes ; les forêts leur en fournirent les matériaux, et jusqu'au modèle de leur architecture. Les troncs d'arbres soutenant une salle de verdure ont donné la première idée des colonnades grecques et indiennes, tandis que l'architecture chinoise ne se compose que de tentes imitées en bois et en pierre, et que, dans l'architecture gothique, on reconnaît l'image des sombres cavernes et des rocs sourcilleux (1). Peuples chasseurs.

Les montagnes, les fleuves et les forêts ayant dirigé les premières tribus dans leurs émigrations, et ayant influé sur leur caractère physique et moral, ont encore donné naissance aux premières divisions et dénominations géographiques (2). C'est ce que nous aurons souvent lieu de vérifier dans les descriptions particulières. Premières divisions géographiques.

Mais ce qui a surtout accéléré l'extension de l'espèce humaine et les progrès de la civilisation, c'est l'invention de la *navigation*.

Quelles vives, quelles singulières impressions durent éprouver les premiers hommes, lorsque, descendus de leurs montagnes paternelles, après avoir erré dans les forêts épaisses qui couvraient la terre encore vierge, ils se virent tout à coup arrêtés dans leur course vagabonde par une immense plaine d'eau qui, dans un lointain obscur, semblait se confondre avec le ciel, et mêler ses ondulations aux mouvemens des nuages! Les jeunes chasseurs, accoutumés à braver l'ours et le tigre, ne s'approchèrent qu'avec effroi de ces montagnes humides qui venaient en mugissant se briser contre le rivage. Les vieillards rappelèrent à leurs enfans attentifs et attristés, l'antique tradition d'un monde magnifique et impie que la vengeance Peuples maritimes.

(1) *Hodges*, Travels in India, part. I.

(2) *Rudbeck*, Atlant. I, 55-57. *Eccard.*, Orig. German., p. 86. *Torfœi*, Hist. Norweg., I, 130-150.

divine avait englouti dans les flots; ils racontèrent comment un homme juste sauva sur une barque le germe des nations futures, et comment il vit, du sein du déluge universel, sortir une terre nouvelle. Tous regardèrent avec un respect mêlé d'effroi ce mystérieux Océan, le berceau et la tombe de la vie. Lorsque le génie et le courage eurent lancé le premier esquif sur la mer, tout l'état physique et moral changea chez la tribu que sa position mit à même de profiter de cette grande découverte. Un petit territoire, riche par ses pêcheries, se couvrit d'une nombreuse population. Des îles heureuses devinrent des asiles inaccessibles aux sauvages conquérans. Ces petits coins de terre, isolés par la nature même, firent naître les premières idées de *patrie* et *d'indépendance nationale.* Même l'intempérie de l'air maritime influa sur les progrès de la civilisation. Dans l'intérieur des terres, une tente ou une cabane de verdure mettait à l'abri de la pluie et des vents. Près de la mer, l'humidité de l'atmosphère nécessita des habitations mieux fermées. Les grandes villes naquirent sur le rivage d'un fleuve ou sur les bords de la mer.

Caractère des peuples insulaires.

Le caractère des peuples insulaires s'est toujours distingué par l'originalité. Attachés à leur sol natal, mais injustes envers l'étranger; fidèles aux souvenirs nationaux, mais enchaînés par des superstitions et des préjugés, ces peuples offrent ordinairement des vertus plus énergiques et des vices plus hideux que les paisibles habitans des plaines continentales.

Influence de la navigation

Dans l'histoire du genre humain, les progrès de la navigation tiendront toujours la première place après ceux de l'agriculture. La civilisation que l'agriculture fait naître n'est que locale; elle s'arrête dès que les besoins de la nation sont assurés; alors les peuples cultivateurs, ordinairement partagés en *maîtres* indolens et *esclaves* malheureux, s'isolent du reste du monde, plus encore par leurs lois et leurs usages que par leurs grandes murailles. Mais la navigation trouble cette félicité chinoise; elle fait cesser ce repos ignoble et contraire aux destinées du genre

humain. Un vaisseau réunit les parties du monde les plus éloignées ; des cités, des nations entières se transplantent sous d'autres climats ; au milieu des paisibles sauvages s'élève le tumulte de la civilisation ; un mouvement universel saisit les peuples : l'homme, à son insu, est entraîné à la conquête du globe.

Le sort des grandes familles humaines a été décidé par la direction qu'elles ont prise dans leur émigration, par la nature des terres qu'elles occupèrent, mais surtout par la position des grandes mers du globe, et le parti que les hommes surent en tirer. L'éternelle enfance des Chinois n'est-elle pas due principalement à leur ignorance de l'art de la navigation ? Au contraire, si les Japonais et les Malais ont montré un caractère vigoureux, entreprenant, et différent de celui des autres Asiatiques, c'était à l'époque où leurs escadres parcouraient le grand Océan oriental, encore aujourd'hui rempli de leurs colonies. Les nations africaines se sont comme engourdies au milieu d'un grand continent dépourvu de golfes et de bras de mer ; cette circonstance, qui empêchait la navigation d'y porter l'industrie, a puissamment contribué à abrutir les peuples d'Afrique. Les Européens seuls étaient appelés par la Providence à étendre leur empire sur le globe. Les nations qui ont peuplé l'Europe ont eu à franchir le Caucase et les Alpes, le Pont-Euxin et la Baltique, l'Archipel, l'Adriatique et la Méditerranée. De si grands obstacles ralentirent d'abord leur marche, mais en même tems, ils développèrent et fortifièrent ce grand caractère d'activité et d'audace commun aux peuples Européens. Bientôt les enfans de Chanaan, les Phéniciens, perdent l'empire de la mer ; Athènes balance Tyr ; une ville grecque domine l'Egypte vaincue ; Carthage succombe sous Rome : l'Europe saisit le sceptre du monde. A cette époque, toute la civilisation était rassemblée autour de la *Méditerranée* : c'était presque la seule mer sur laquelle on naviguât ; c'était le grand chemin de tous les peuples policés.

Civilisation répandue autour de la Méditerranée.

Une seconde époque commence, et c'est encore aux

progrès de la navigation que se lie la marche de la civilisation. Les Scandinaves y préludent par leurs courses audacieuses, qui s'étendirent jusqu'en Amérique. La boussole et Colomb paraissent. Un nouveau monde voit aborder nos vaisseaux; une nouvelle Europe s'élève, et croît dans ces magnifiques déserts. L'*Océan Atlantique* est devenu la Méditerranée nouvelle, la grande route commune qui rapproche entre eux les peuples civilisés, et qui tantôt retentit du bruit de leurs combats, tantôt leur apporte paisiblement les tributs du reste de l'univers.

Civilisation répandue autour de l'Océan Atlantique.

Mais la marche de la civilisation est loin d'être terminée; les merveilles de l'Europe peuvent encore être effacées. Les Européens s'arrêteront-ils aux bords de cet Océan Atlantique, qui, tout immense qu'il parut aux Hercules phénicien et grec, n'est pourtant qu'un bras de mer, si on le compare à ce *grand Océan du globe* qui, sous les noms d'Indien, de Pacifique et d'Austral, s'étend d'un pôle à l'autre? Déjà, montés sur des barques légères, les navigateurs américains franchissent sans crainte tout cet hémisphère aquatique; déjà des colonies anglaises ont commencé à conquérir ces vastes terres, ces îles innombrables qui forment, au sud-est de l'Asie, une cinquième partie du monde; et la plus belle de toutes, cette superbe *Océanique*, offrira peut-être, avant quelques siècles, le spectacle de la plus vaste civilisation qu'il soit donné à l'homme d'espérer, et que les bornes du globe terrestre puissent admettre. Qu'un autre Cadmus y porte ce flambeau des arts et des sciences qui éclaire l'Europe! Que des colonies, échappées à nos guerres civiles, fondent à Taïti ou à Pelew une nouvelle Grèce! Alors ces collines, qui ne produisent aujourd'hui que des aromates, se couvriront de villes et de palais; dans ces baies qu'ombrage une forêt de palmiers, on verra voguer une forêt de mâts; l'or et le marbre seront tirés des flancs des montagnes encore vierges; le corail et les perles seront recherchés au fond de la mer pour orner des capitoles nouveaux; et, un jour, peut-être, l'Europe, l'Asie, l'Afrique et l'Amérique,

Vues sur le grand Océan.

étounées et jalouses, trouveront une rivalité dangereuse dans des contrées dont l'existence les occupe à peine aujourd'hui.

Ainsi, dans l'histoire du genre humain, le *passé*, le *présent* et l'*avenir* se lient à la position des grandes mers du globe et aux progrès de la navigation.

Nous allons entreprendre, en idée, un voyage par mer et par terre, autour de ce globe, dont nous terminons ici la *théorie générale*, mathématique, physique et politique.

FIN DE LA THÉORIE DE LA GÉOGRAPHIE ET DU TOME SECOND.

TABLEAUX
DE GÉOGRAPHIE MATHÉMATIQUE.

I.

TABLEAU synoptique du système planétaire (1).

Diamètres et volumes, *ceux de la Terre pris pour unité.*

Le Soleil. . . *diam.*	111,4500	*vol.* 1384,462,0000
Mercure	0,4012	0,06456
Vénus	0,9695	0,83020
La Terre	1,0000	1,00000
La *Lune*	0,2751	0,02036
Mars	0,5199	0,14060
Vesta	0,4	. . .
Junon	0,1	. . .
Cérès	0,3076	0,02915
Pallas	0,1540	0,00365
Jupiter	10,862	1,281,00000
Saturne	9,985	995,00000
Uranus	4,332	80,49

Rotation ou Jour sidéral.	heur.	min.	sec.	*Aplatissement.*
Mercure	24	5	28	. . .
Vénus	23	21	0	. . .
La *Terre*	23	56	4	$\frac{1}{334}$
Mars	24	39	21	$\frac{1}{16}$
Jupiter	9	56	0	$\frac{1}{14}$
Saturne selon *Herschel*	10	16	0	20,91 : 22,81
Saturne selon *Calandillo*	11	39	. . .	13,3 : 16,1

Révolutions tropiques et sidérales.

	ans.	jours.	heur.	min.	sec.	jours.	heur.	min.	sec.
Mercure	0	87	23	14	32,7	87	23	15	43,6
Vénus	0	224	16	41	27,5	224	16	49	10,6
La Terre	1	0	5	48	48,	365	6	9	8
Mars	1	321	22	18	27,4	686	23	30	35,6
Vesta	3	240	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Junon	4	130	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Cérès	4	221	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Pallas	4	241	17	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .
Jupiter	11	315	14	39	2,0	4,332	14	27	10,9
Saturne	29	161	19	16	15,5	10,759	1	51	11,2
Uranus	83	294	8	39	. . .	30,689	0	29	0

(1) *Laplace*, Système du monde. *Biot*, Astronomie physique.

Demi-grands axes des orbites, ou distances moyennes du Soleil.

	myriamètres.
Mercure	5917938
Vénus	11058215
La Terre	15287873
Mars	23294021
Vesta	36278123
Junon	40619979
Cérès	42282000
Pallas (1)	42666000
Jupiter	79511907
Saturne	145836700
Uranus	291720130

Rapport de l'excentricité au demi-grand axe.

Mercure	0,205513
Vénus	0,006885
La Terre	0,016814
Mars	0,093088
Cérès	0,082502
Pallas	0,2463[illegible]
Jupiter	0,048077
Saturne	0,056223
Uranus	0,046685

Inclinaison de l'orbite à l'écliptique.

Mercure	6°	35'	30"
Vénus	3	23	10
La Terre	0	0	0
Mars	1	50	47
Cérès	10	36	57
Pallas	34	50	40
Jupiter	1	19	38
Saturne	2	30	40
Uranus	0	46	12

(1) L'excentricité de Pallas fait que, malgré la presque identité de sa moyenne distance et de celle de Cérès, les orbites de ces deux planètes sont très-éloignées l'une de l'autre à leur aphélie et périhélie. Entre ces points les orbites se coupent l'une l'autre. Pallas approche tantôt de Jupiter, tantôt de Mars.

II.

TABLEAU des Climats.

CLIMATS de demi-heure.	PLUS LONG JOUR.		LATITUDE.		ÉTENDUE DES CLIMATS.	
Leur nombre.	Heur.	Min.	Deg.	Min.	Deg.	Min.
0	12	0	0	0	0	0
1	12	30	8	34	8	34
2	13	0	16	43	8	9
3	13	30	24	10	7	27
4	14	0	30	46	6	46
5	14	30	36	28	5	42
6	15	0	41	21	4	53
7	15	30	45	29	4	8
8	16	0	48	59	3	30
9	16	30	51	57	2	58
10	17	0	54	28	2	31
11	17	30	56	36	2	8
12	18	0	58	25	1	49
13	18	30	59	57	1	32
14	19	0	61	16	1	19
15	19	30	62	24	1	8
16	20	0	63	20	0	56
17	20	30	64	8	0	48
18	21	0	64	48	0	40
19	21	30	65	20	0	32
20	22	0	65	46	0	26
21	22	30	66	6	0	20
22	23	0	66	20	0	14
23	23	30	66	28	0	8
24	24	0	66	32	0	4

CLIMATS DES MOIS.	PLUS LONG JOUR.	LATITUDE.		ÉTENDUE DES CLIMATS.	
Leur nombre.	Mois.	Deg.	Min.	Deg.	Min.
1	1	67	23	0	51
2	2	69	10	2	27
3	3	73	39	3	49
4	4	78	31	4	52
5	5	84	5	5	34
6	6	90	0	5	55

N. B. On ne tient point compte dans ces Tables des effets de la réfraction, qui augmente la durée du jour, surtout vers les pôles. Sous le pôle même, la réfraction seule (sans le crépuscule) augmente le jour, qui est de 6 mois, de 67 heures.

III.

TABLEAU du Décroissement des Degrés de Longitude, graduation ancienne ou nonagésimale, la Terre étant supposée sphérique.

Latitudes.	Degré de longitude en toises, anc. mesur.	Degré de longitude en milles nautiques.	Latitudes.	Degré de longitude en toises, anc. mesur.	Degré de longitude en milles nautiques.
0	57050	60.00	46	39630	41.68
1	57041	59.99	47	38908	40.92
2	57015	59.96	48	38174	40.15
3	56972	59.92	49	37429	39.36
4	56911	59.85	50	36671	38.57
5	56833	59.77	51	35902	37.76
6	56738	59.67	52	35123	36.94
7	56625	59.56	53	34333	36.11
8	56495	59.42	54	33532	35.27
9	56347	59.26	55	32722	34.41
10	56183	59.09	56	31902	33.55
11	56002	58.89	57	31076	32.68
12	55803	58.69	58	30231	31.79
13	55587	58.46	59	29384	30.90
14	55355	58.22	60	28525	30.00
15	55106	57.95	61	27659	29.09
16	54840	57.67	62	26784	28.17
17	54557	57.38	63	25904	27.24
18	54257	57.06	64	25010	26.30
19	53941	56.73	65	24110	25.36
20	53609	56.38	66	23204	24.41
21	53260	56.01	67	22291	23.44
22	52895	55.63	68	21371	22.48
23	52514	55.23	69	20445	21.50
24	52117	54.81	70	19512	20.52
25	51705	54.38	71	18573	19.53
26	51276	53.93	72	17629	18.54
27	50832	53.46	73	16679	17.54
28	50372	52.97	74	15724	16.54
29	49897	52.47	75	14764	15.53
30	49406	51.96	76	13801	14.51
31	48901	51.43	77	12833	13.50
32	48381	50.88	78	11862	12.48
33	47846	50.32	79	10885	11.45
34	47298	49.74	80	9907	10.42
35	46732	49.15	81	8924	9.38
36	46154	48.54	82	7941	8.35
37	45562	47.92	83	6953	7.32
38	44956	47.28	84	5963	6.28
39	44337	46.63	85	4972	5.23
40	43703	45.96	86	3980	4.18
41	43056	45.28	87	2986	3.14
42	42397	44.59	88	1991	2.09
43	41725	43.83	89	996	1.05
44	41038	43.16	90	0	0.00
45	40340	42.43			

IV.

TABLEAU du DÉCROISSEMENT *des Degrés de Longitude, graduation nouvelle ou centésimale, la Terre étant supposée sphérique.*

LATITUDE	DEGRÉ ou GRADE de Longit.	LATITUDE	DEGRÉ ou GRADE de Longit.	LATITUDE	DEGRÉ ou GRADE de Longit.
gr.	kilom.	gr.	kilom.	gr.	kilom.
0	100,000	34	86,074	68	48,175
1	99,988	35	85,264	69	46,793
2	99,951	36	84,433	70	45,399
3	99,889	37	83,581	71	43,994
4	99,803	38	82,708	72	42,578
5	99,692	39	81,815	73	41,151
6	99,556	40	80,902	74	39,115
7	99,396	41	79,968	75	38,268
8	99,211	42	79,015	76	36,812
9	99,002	43	78,043	77	35,347
10	98,769	44	77,051	78	33,874
11	98,511	45	76,040	79	32,392
12	98,229	46	75,011	80	30,902
13	97,922	47	73,963	81	29,404
14	97,592	48	72,897	82	27,899
15	97,237	49	71,813	83	26,387
16	96,858	50	70,711	84	24,869
17	96,456	51	69,591	85	23,344
18	96,029	52	68,455	86	21,814
19	95,579	53	67,301	87	20,279
20	95,106	54	66,131	88	18,738
21	94,608	55	64,945	89	17,193
22	94,088	56	63,742	90	15,643
23	93,544	57	62,524	91	14,090
24	92,978	58	61,291	92	12,533
25	92,388	59	60,042	93	10,973
26	91,775	60	58,778	94	9,411
27	91,140	61	57,500	95	7,846
28	90,483	62	56,208	96	6,279
29	89,803	63	54,902	97	4,711
30	89,101	64	53,583	98	3,141
31	88,377	65	52,250	99	1,571
32	87,631	66	50,904	100	0,000
33	86,863	67	49,546		

V.

TABLEAU du Décroissement des Degrés de Longitude, mesure nouvelle ou centésimale, la Terre étant supposée un sphéroïde aplati de $\frac{1}{335}$.

LATIT.	DEGRÉ de LONGITUDE.	LATIT.	DEGRÉ de LONGITUDE.	LATIT.	DEGRÉ de LONGITUDE.
g.	mètres.	g.	mètres.	g.	mètres.
0	100149,4	34	86269,5	68	48358,3
1	100137,1	35	85461,0	69	46972,4
2	100100,3	36	84631,4	70	45574,8
3	100038,9	37	83780,9	71	44165,9
4	99953,0	38	82909,7	72	42746,0
5	99842,5	39	82018,1	73	41315,3
6	99707,6	40	81106,2	74	39874,4
7	99548,2	41	80174,1	75	38423,4
8	99364,3	42	79222,3	76	36962,8
9	99156,2	43	78250,9	77	35493,0
10	98923,6	44	77260,1	78	34014,2
11	98666,8	45	76250,1	79	32527,0
12	98385,8	46	75221,3	80	31031,6
13	98080,6	47	74173,8	81	29528,5
14	97751,3	48	73108,0	82	28017,9
15	97398,1	49	72024,0	83	26500,3
16	97020,9	50	70922,2	84	24976,1
17	96616,9	51	69802,6	85	23445,6
18	96195,1	52	68665,8	86	21909,2
19	95746,8	53	67512.0	87	20367,3
20	95274,9	54	66341,3	88	18820,3
21	94779,6	55	65154,2	89	17268,6
22	94260,9	56	63950,9	90	15712,6
23	93719,1	57	62731,7	91	14152,6
24	93154,2	58	61496,8	92	12589,0
25	92566,4	59	60246,7	93	11022,3
26	91955,8	60	58981,5	94	9453,9
27	91322,6	61	57701,6	95	7881,0
28	90666,4	62	56407,4	96	6307,2
29	89988,9	63	55099,1	97	4731,8
30	89288,6	64	53777,1	98	3155,7
31	88566,4	65	52441,7	99	1577,8
32	87822,4	66	51093,1	100	0,0
33	87056,7	67	49731,8		

VI.

TABLEAU du Décroissement des Degrés de Latitude, mesure nouvelle ou centésimale, la Terre étant supposée un sphéroïde aplati de $\frac{1}{335}$.

LATIT.	DEGRÉ de LATITUDE.	LATIT.	DEGRÉ de LATITUDE.	LATIT.	DEGRÉ de LATITUDE.
g.	mètres.	g.	mètres.	g.	mètres.
0	99552,5	34	99789,7	68	100245,9
1	99552,9	35	99802,2	69	100257,5
2	99553,8	36	99814,9	70	100269,0
3	99555,1	37	99827,8	71	100280,2
4	99556,9	38	99840,9	72	100291,1
5	99559,0	39	99854,1	73	100301,7
6	99561,8	40	99867,5	74	100312,0
7	99564,7	41	99881,0	75	100322,0
8	99568,2	42	99894,6	76	100331,7
9	99572,1	43	99908,3	77	100341,1
10	99576,4	44	99922,1	78	100350,1
11	99581,2	45	99936,0	79	100358,8
12	99586,3	46	99950,0	80	100367,2
13	99591,8	47	99964,0	81	100375,1
14	99597,8	48	99978,0	82	100382,7
15	99604,2	49	99992,1	83	100389,9
16	99610,9	50	100006,2	84	100396,8
17	99618,0	51	100020,3	85	100403,2
18	99625,4	52	100034,4	86	100409,3
19	99633,4	53	100048,4	87	100414,9
20	99641,6	54	100062,4	88	100420,1
21	99650,2	55	100076,3	89	100424,9
22	99659,1	56	100090,2	90	100429,3
23	99668,4	57	100103,9	91	100433,2
24	99678,0	58	100117,6	92	100436,8
25	99687,9	59	100131,2	93	100439,9
26	99698,1	60	100144,6	94	100442,5
27	99708,6	61	100157,9	95	100444,7
28	99719,4	62	100171,0	96	100446,5
29	99730,5	63	100184,0	97	100447,8
30	99741,9	64	100196,8	98	100448,7
31	99753,5	65	100209,4	99	100449,2
32	99765,3	66	100221,7	100	
33	99777,4	67	100233,9		

VII.

TABLEAU COMPARATIF *des* MESURES LINÉAIRES, dites *PIEDS COURANS.*

ÉTATS ET VILLES.		Lignes.	Décimètres.
Amsterdam, *Voet*		125 $\frac{1}{3}$	2,83
Augsbourg, *Stadt* ou *Werk-Schu.*		131,3	2,97
Bâle, *Stadt* ou *Feldt-Schu.*		132 $\frac{1}{5}$	2,98
Batavia, *Voet*		139 $\frac{1}{8}$	3,14
Berlin, *Fuss.*	de Berlin	137,3	3,10
	du Rhin	139 $\frac{1}{8}$	3,14
Brabant, *Fuss.*		126,6	2,86
Cadix, *Pié.*		125,3	2,83
Chine	*Pied* des marchands	150	3,38
	Pied mathématique	147,7	3,33
	Ché ou *Pied* des charpentiers	143,1	3,23
	Pied des arpenteurs	141,7	3,19
Copenhague, *Fod.*		139 $\frac{1}{8}$	3,14
Cracovie, *Pied.*		158	3,56
Dantzick, *Fuss*		127,2	2,86
Dauphiné, *Pied.*		151,1	3,41
Dijon, *Pied*		139,2	3,15
Dresde, *Fuss.*		125,5	2,83
France	*Pied-de-Roi*	144	3,25
	Décimètre	44,33	1,00
Francfort-sur-le-Mein, *Fuss.*		127	2,86
Franche-Comté, *Pied.*		158,3	3,57
Gênes, *Palmo*		111,3	2,51
Hambourg, *Fuss*	de Hambourg	127	2,86
	du Rhin	139 $\frac{1}{8}$	3,14
Leipzic, *Fuss.*		125,3	2,83
Lisbonne, *Palmo*		96,9	2,18
Londres, *Foot.*		135	3,05
Lorraine, *Pied.*		129,2	2,91
Lubeck, *Fuss.*		129	2,91
Madrid	*Codo.*	187,9	4,23
	Pies.	125,3	2,83
	Palmo grand	93,97	2,11
	Palmo petit	31,32	0,70
Malacca	*Pied* ordinaire	139,1	3,14
	des charpentiers	127 $\frac{1}{3}$	2,87
Messine, *Palmo.*		107,3	2,42
Milan		176	3,97

ÉTATS ET VILLES.	Lignes.	Décimètres.
Munich, *Fuss.*	128 $\frac{1}{5}$	2,89
Naples, *Palmo.*	116 $\frac{1}{2}$	2,63
Normandie, *Pied.*	132	2,98
Norwège, *Fod.*	139 $\frac{1}{8}$	3,15
Nuremberg. *Stadt-Schu* des charpent.	134,7	3,03
Nuremberg. *Werk-Schu* des maçons.	123,6	2,78
Padoue, *Palmo*	189,9	4,28
Paris, *Pied-de-Roi.*	144	3,25
Palerme, *Palmo* ancien	107,3	2,42
Prague, *Fuss.* de Bohême	131,4	2,97
Prague, *Fuss.* de Moravie	131,2	2,96
Riga, *Fuss.*	121 $\frac{1}{2}$	2,74
Rome, *Palmo.*	130,6	2,94
Russie, *Pied.*	135	3,05
Sardaigne, *Palmo.*	110,1	2,48
Suède, *Fot.*	131,6	2,97
Suisse, *Fuss.*	133	3,00
Stuttgard, *Fuss.*	126,8	2,85
Turin, *Pied.*	227,7	5,13
Venise, *Palmo.*	153,7	3,46
Varsovie, *Fuss.*	158	3,56
Vienne, *Fuss.*	143	3,23

VIII.

TABLEAU COMPARATIF *des* MESURES AGRAIRES *des principaux Etats de l'Europe, exprimées en anciens* pieds-de-roi carrés, *et comparées à l'ancien* arpent d'ordonnance, dit des Eaux et Forêts, *et à l'*hectare *des nouvelles mesures agraires de France.*

ÉTATS ET LIEUX.	Pieds car.	Arpens.	Hectares
Alsace, *Morgen.*	19,045	0,39283	0,2009
Angleterre, *Acre.*	38,376	0,79289	0,4049
Autriche, *Jochart.*	54,571	1,12750	0,5758
Bavière, *Juchart*	31,700	0,65495	0,3345
Danemarck, *Toende Hartkorn.*	104,854 à 210,514	2,16640 4,34946	1,1064 2,2213

Suite du Tableau comparatif des Mesures agraires, etc.

ÉTATS ET LIEUX.	Pieds carr.	Arpens.	Hectares
Espagne. *Yugada*	1,345,032	27,78993	14,1928
Espagne. *Fanega.*	32,521	0,67191	0,3431
Espagne. *Cahizada*	195,124	4,03149	2,0589
Espagne. *Aranzada.*	10,781	0,22274	0,1137
France. *Arpent des eaux et for.* (a).	48,400	1,00000	0,5107
France. *Arpent de Paris.*	32,400	0,66941	0,3418
France. *Arpent commun.*	40,000	0,82645	0,4220
France. *Hectare.*	94,768	1,95801	1,0000
France. *Are* (b).	947 $\frac{2}{3}$	0,01958	0,0100
Hanovre *Morgen.*	24,653	0,50935	0,2601
Hanovre *Vorling.*	12,326	0,25467	0,1300
Hanovre *Drohn*	18,490	0,38202	0,1951
Hollande, *Morgen.*	77,016	1,59124	0,8126
Italie. Rome. *Rubbio.*	175,138	3,61857	1,8480
Italie. Rome. *Quarta.*	43,784	0,90464	0,4620
Italie. Rome. *Pezza*	25,020	0,51694	0,2639
Italie. Milanais, *Pertia*	7,127	0,14725	0,0752
Italie. Naples, *Moggia*	31,679	0,65453	0,3342
Italie. Toscane. *Saccate*	46,986	0,97078	0,4957
Italie. Toscane. *Stioro.*	5,546	0,11459	0,0585
Italie. Venise, 1000 *Passi*	28,456	0,38792	0,3002
Lorraine, *Journal.*	40,328	0,83323	0,4255
Piémont, *Giornata*	36,005	0,74390	0,3799
Prusse. grande *Hufe.*	1,613,130	33,32913	17,0218
Prusse. *Hakenhufe.*	107,542	2,22195	1,1347
Prusse. *Landhufe*	53,771		
Prusse. *Morgen.* grand	53,771	1,11097	0,5674
Prusse. *Morgen.* petit	24,197	0,49993	0,2553
Russie, *Dasaetina*	109,782	2,26756	1,1584
Saxe électorale, *Acker.*	52,247	1,07948	0,5513
Souabe, *Jouchart.*	13,299	0,27477	0,1403
Suède, *Tunna-Land.*	46,773	0,96639	0,4935
Suisse. Berne, *Juchart* de bois.	36,666 $\frac{2}{3}$	0,75755	0,3869
Suisse. Berne, *Juchart* de champs.	32,592	0,67338	0,3439
Suisse. Zurich, *Juchart* de champs.	30,711	0,63452	0,3240
Suisse. Zurich, *Juchart* de bois.	34,120	0,70495	0,3600
Tyrol, *Jauch* ou *Jauchart*	40,999	0,84707	0,4326

(a) Cet arpent était composé de *cent perches carrées*, de *vingt-deux pieds de côté.*

(b) L'*are*, qui est l'unité des nouvelles mesures agraires, répond à un carré de *dix mètres* (un décamètre) de côté. L'*hectare* est une surface de *cent ares*; il répond à un hectomètre carré.

Dans la comparaison de ces anciennes et nouvelles mesures agraires de France, on peut se servir de ces *rapports approximatifs.*

Hectares
- 24 = 47 arpens des eaux et forêts.
- 27 = 79 arpens de Paris de 18 pieds pour perche.
- 19 = 45 arpens communs de 20 pieds pour perche.
- 67 = 82 acres de Normandie de 160 perches à 22 pieds.

IX.

TABLEAU COMPARATIF des Mesures itinéraires et topographiques, *considérées* 1° *comme mesures de* distance *dans leurs rapports au degré* (*nonagésimal*) *de l'équateur à la lieue géographique de France de* 25 *au degré, et au kilomètre;* 2° *comme mesures* d'étendue superficielle *dans leurs rapports aux* lieues *géographiques d'Allemagne* (*de* 15 *au degré*) carrées; *de France* (*de* 25 *au degré*) carrée, *et au* kilomètre carré.

RAPPORT ITINÉRAIRE			MESURES.	RAPPORT TOPOGRAPHIQUE.		
				LIEUES CARRÉES		
au degré.	Lieues de 25 au degré.	Kilomètres.		de 15 au degré.	de 25 au degré.	Kilomètres carrés.
12	2,0833 1/3	9,2708 1/3	Grande *Meile* d'Allemagne.	1,5625	4,3389	85,951
15	1 2/3	7,4166 2/3	*Meile* ordinaire ou géographique, *ibid.*	1,	2 7/9	55,004
17 3/4	1,4084	6,2676	Petite *Meile*, *ibid.*	0,714	1,987	39,2753
69 1/8	0,3616	1,6094	*Mile* légale d'Angleterre.	0,0471	0,13075	2,5889
73	0,3425	1,524	*Idem*, dite de Londres, *ibid.*	0,0422	0,1173	2,32257
60	0,4167	1,8542	*Idem*, marine ou géographique, *ibid.*	0,0625	0,17363	3,4373
20	1 1/4	5,5625	*League* marine, *ibid.*	0,5625	1,5625	30,9414
33	0,7576	3,371	*Lieue* d'Anjou.	0,2066	0,5739	11,3636
57 1/5	0,4371	1,9449	*Lieue* d'Arabie.	0,0687	0,191	3,78
28	0,8929	3,9732	*Lieue* d'Artois.	0,2868	0,7973	15,785
17 1/3	1,4423	6,4183	*Lieue* dite astronomique.	0,7489	2,079	41,2

105,6	[illegible],2367	1,0535	*Pfase* de Batavia et de Java.	0,02018	0,005602	1,109
[illegible]	0,9471	4,2145	*Horaire*, *ibid.*	0,3229	0,897	17,759
16,087	1,55405	6,9155	*Lieue*, *ibid.*	0,8694	2,4149	47,823
33	0,7576	3,371	*Lieue* de Beauce.	0,2066	0,5739	11,3636
26	0,9615	4,2788	*Lieue* du Berry.	0,3328	0,9245	18,308
16	1,5625	6,953	*Meile* de Bohême.	0,8789	2,44	48,344
21,521	1,1617	5,1693	*Lieue* de Bourgogne.	0,4858	1,3502	26,7186
[illegible]0	1,$\frac{1}{4}$	5,5625	*Meile* de Brabant.	0,5625	1,5625	30,9414
[illegible]7	1,4706	6,5441	*Lieue* du Brésil.	0,7785	2,1638	42,8239
33	0,7576	3,371	*Lieue* de Bretagne	0,2066	0,5739	11,3636
28	0,8929	3,9732	*Lieue* de Cayenne.	0,2868	0,7973	15,7847
28,54	0,8759	3,898	*Lieue* du Canada.	0,2762	0,7672	15,1944
35	0,71429	3,17857	*Lieue* du Carnate (Hindoustan).	0,1837	0,5102	10,1
192,4	0,1299	0,5782	*Li* de la Chine.	0,006078	0,01687	0,3343
11	2,2727	10,1136	*Gros* ou *Gau* de Coromandel.	1,859	5,1663	102,2856
14,77	1,6926	7,5321	*Mile* de Danemarck.	1,0315	2,866	56,732
12$\frac{1}{3}$	2,027	9,002	*Meile* de Saxe, dite de Dresde.	1,479	4,1087	81,036
50	$\frac{1}{2}$	2,225	*Mile* d'Écosse.	0,09	$\frac{1}{4}$	4,9506$\frac{1}{4}$
16$\frac{2}{3}$	1$\frac{1}{7}$	6,675	*Legua nueva* d'Espagne.	0,8117	2$\frac{1}{4}$	44,5556$\frac{1}{4}$
20	1$\frac{1}{4}$	5,5625	*Idem*, dite *horaria*, *ibid.*	0,5625	1,5625	30,9414
26$\frac{2}{3}$	0,9375	4,1718$\frac{3}{4}$	*Idem*, dite *juridica*, *ibid.*	0,3164	0,8789	17,4056
28,54	0,8759	3,898	*Lieue* de poste (de 2,000 toises) de France.	0,2762	0,7672	15,1944
25	1	4,45	*Lieue* géographique ou ordinaire, *ibid.*	0,36	1	19,8025
20	1$\frac{1}{4}$	5,5625	*Lieue* marine, *ibid.*	0,5625	1,5625	30,9414
22$\frac{1}{4}$	1,1236	5	*Lieue* moyenne, *ibid.*	0,4544	1,2633	25
11$\frac{1}{8}$	2,2472	10	*Myriamètre*, ou grande lieue nouvelle, *ibid.*	1,818	5,049	100

RAPPORT ITINÉRAIRE			MESURES.	RAPPORT TOPOGRAPHIQUE.		
au degré.	Lieues de 25 au degré.	Kilomètres.		LIEUES CARRÉES de 15 au degré.	LIEUES CARRÉES de 25 au degré.	Kilomètres carrés.
111 1/4	0,2247	1	*Kilomètres*, ou petite lieue nouvelle, *ibid.*	0,01818	0,05049	1
19,025	1,3139	5,8476	*Lieue* de Gascogne	0,6216	1,7266	34,194
26,838	0,9315	4,1452	*Lieue* de la Guyane.	0,3124	0,8677	17,181
	1,3158	5,855	*Meile* de la Hollande.	0,6232	1,7319	34,284
13 1/3	1,875	8,34375	*Meile* de Hongrie.	1,266	3,5159	69,622
42 3/4	0,5848	2,6023	*Cos* ou *Coru* de l'Hindoustan.	0,1231	0,342	6,7718
40	0,625	2,78125	*Mile* de l'Irlande.	0,1416 1/4	0,3907	7,735
3	8 1/4	37,08333 1/3	*Tingmannaleid* de l'Islande	25	69 4/9	1375,1736
9	2 2/3	12,36 1/9	*Mil* marin, *ibid.*	2,778	7,716	152,797
12	2,0833	9,2708	*Idem*, ordinaire de terre, *ibid.*	1,5625	4,3389	85,96
58,48	0,4275	1,9024	*Lega* du Bolonais en Italie.	0,06579	0,1828	5,619
67 1/4	0,3718	1,65427	*Idem*, du Milanais, *ibid.*	0,04975	0,1383	2,7366
57,71	0,4332	1,9277	*Idem*, de Naples, *ibid.*	0,06756	0,1877	3,716
74,7	0,3347	1,4719	*Idem*, de l'Etat Romain, *ibid.*	0,0403	0,1121	2,1667
68 1/4	0,3663	1,62967	*Idem*, de Toscane, *ibid.*	0,0483	0,1342	2,6558
60,62	0,4124	1,8352	*Idem*, de l'Etat Vénitien, *ibid.*	0,06123	0,17009	3,368
12,44	2,001	8,9429	*Meile* de Lithuanie.	1,454	4,004	79,977
28	0,8929	3,9732	*Meile* de Luxembourg.	0,2868	0,79727	15,7847
23	1,087	4,83696	*Lieue* du Lyonnais.	0,4253	1,18157	23,396

10	$2\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{8}$	*Gros* ou *Gau* de Malabar.	$1\frac{1}{4}$	$6\frac{1}{4}$	$123,7656\frac{1}{4}$
17	1,47066	6,5441	*Lieue* de Mysore (Hindoustan).	0,7786	2,164	42,824
10	$2\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{8}$	*Mile* de Norwège.	$2\frac{1}{4}$	$6\frac{1}{4}$	123,7656
24	1,0417	4,6354	*Lieue* du Perche.	0,3906	1,0857	21,491
$12\frac{1}{2}$	2	8,9	*Parasange* de Perse.	1,44	4	79,21
48	0,5208	2,3177	*Legu* de Piémont.	0,09766	0,27123	5,373
24	1,0417	4,6354	*Lieue* du Poitou.	0,3906	1,0857	21,491
20	$1\frac{1}{4}$	5,5625	*Lieue* de Pologne.	0,5625	1,5625	30,9414
18	1,3889	6,18056	*Legua* de Portugal.	0,6944	1,9293	38,199
14,37	1,7328	7,7488	*Meile* de Prusse.	1,089	3,003	60,045
19,025	1,3139	5,8476	*Lieue* de Provence	0,6216	1,7266	34,194
$104\frac{1}{4}$	0,2396	1,06714	*Werste* ordinaire de Russie.	0,0207	0,05741	1,1385
104,716	0,23874	1,0624	*Idem*, déterminée, *ibid.*	0,0205	0,057	1,1278
110,4	0,22645	1,0077	*Idem*, selon M. Trescot, *ibid.*	0,0192	0,05128	1,014
17,453	1,43244	6,3744	*Mille géographique* de 6 werstes, *ibid.*	0,7387	2,05	40,63
12,29	2,0342	9,0521	*Meile*, dite de Police de Saxe.	1,49	4,1371	81,939
28,942	0,8638	3,8438	*Roé-ning* de Siam.	0,2686	0,74615	14,77
17,18	1,4552	$6,47\frac{5}{9}$	*Meile* de Silésie	0,7623	2,117	41,93
$10\frac{2}{5}$	2,4038	10,6971	*Mile* de Suède.	2,08	5,7792	114,45
10	$2\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{8}$	*Gos* ou *Gau* de Surate.	$2\frac{1}{4}$	$6\frac{1}{4}$	123,7656
26,838	0,9315	4,1452	*Lieue* de Surinam.	0,3124	0,8677	17,181
$66\frac{2}{3}$	0,375	1,6687	*Berri* de Turquie	0,05062	0,1406	2,786
28,537	0,8761	3,8985	*Lieue* de Touraine	0,2763	0,7676	15,195
10	$2\frac{1}{2}$	$11\frac{1}{8}$	*Meile* du cercle de Westphalie.	$2\frac{1}{4}$	$6\frac{1}{4}$	123,765625

X.

TABLEAUX DES MESURES DES ANCIENS.

A. MESURES ITINÉRAIRES.

	MESURES FRANÇ. Kil. Mètres.
Le Schœne ou Relais de la moyenne Egypte	20
Le Schœne ou Relais de la Thébaïde, ou le *Gau* indien connu sous le nom de *Stathme*	10
Le Schœne du Delta = 9,600 pas simples	$6\frac{2}{3}$
Le Parasange = 7,200 pas simples	5
Le *Coss* indien = 3,600 pas simples	$2\frac{2}{3}$
Le Mille égyptien = 2,880 pas simples	2
Le Mille persan ou asiatique	$1\frac{1}{2}$
Le Mille hébreu	$1\frac{1}{6}$
Le Stade pythique ou delphique	$0,148\frac{4}{27}$
Le Stade moyen, dit nautique ou persien	$0,166\frac{2}{3}$
Le grand Stade, dit alexandrin ou égyptien	$0,222\frac{2}{9}$
Le Stade philétérien ou Stade royal	0,210,14
Le Stade grec olympique	0,185,37
Le Stade d'Eratosthènes	0,159,2
Le Stade de Cléomène	0,133,47
Le Stade d'Aristote ou petit Stade	0,099,8

B. MESURES LINÉAIRES.

	Mèt. Millim.
La Coudée royale de Babylone	0,4687
La Coudée moyenne	$0,416\frac{2}{3}$
Le *Pygon* ou *Palmipes*	$0,347\frac{2}{9}$
Le Pied dit géométrique	$0,277\frac{7}{9}$
Le Pied pythique ou delphique	0,246,9
Le *Palmus* major	0,086,8
Le Palme commun ou la Paleste	$0,069\frac{4}{9}$
Le Pouce ou l'Once du Pied géométrique	$0,023\frac{4}{27}$
Le *Dactyle* ou doigt	$0,017\frac{13}{36}$
L'Hécatonpède olympique	30,864
L'Exapode	1,851

	MESURES FRANÇ. Mèt. Millim.
La Coudée de 18 pouces olympiques.	0,463
Le Pied olympique.	0,308,6
L'Exapode de 6 pieds romains.	1 $\frac{7}{9}$
Le grand Pas de 5 pieds *idem*.	1 $\frac{13}{27}$
Le Pas commun de 2 pieds *idem*.	0 $\frac{16}{27}$
Le Pied romain.	0 $\frac{8}{27}$

C. MESURES AGRAIRES.

	Mètres carrés.	fractions décim.
Le *Plethre* = 100 Pieds olympiques carrés. .	9	526
L'*Exapode* = 36 Pieds olympiques carrés. .	3	429
Le *Saltus* de 4 Centuries.	2,022,716	
La *Centurie* de 100 Heredies	505,679	
L'*Hérédie* de 2 Jugeres	5,056	79
Le *Jugere* de 800 Exapodes.	2,528	395

XI.

TABLEAU COMPARATIF *des principaux Vents.*

ROSE DE QUATRE VENTS.

NOMS GRECS.	NOMS MODERNES.	PLACE sur le compas.*
		degrés.
Boreas	Nord.	0
Euros	Est.	90
Notos	Sud	180
Zephyros	Ouest	270

Voyez *Homère*, Odyssée, liv. V, v. 295.

ROSE DE HUIT VENTS.

NOMS GRECS OU LATINS.	NOMS MODERNES.	PLACE sur le compas.
		degrés.
Boreas; Aparetias; Septentrion. .	Nord.	0
Cœcias; Aquilo; [quelq. *Boreas*].	Nord-Est . .	45
Apeliotes; Subsolanus [qu. *Eurus*].	Est.	90
Euronotos; Vulturnus [souv. *Eurus*].	Sud-Est. . .	135
Notos; Auster	Sud	180
Libs; Africus	Sud-Ouest. .	225
Zephyrus; Favonius.	Ouest	270
Corus; Skiron; Argestes. . . .	Nord-Ouest.	315
Boreas, etc.	Nord.	360

Voyez l'explication de *la tour des vents*, *à Athènes*; chez *Vitruve*, l. 1, cap. 6; *Aristote*, Météorolog., l. II, cap. 6; *Plin.*, l. II, c. 22; *Aulugelle*, Lib. II, cap. 22; *Agathemère*, géograph., lib. I, c. 2, etc., etc.

ROSE DE DOUZE VENTS.

NOMS ANCIENS.	RAPPORT avec les noms mod., V. ci-dessous.	PLACE sur le compas.
Aparctias; Septentrio [*Boreas*] .	Nord.	0
Meses [souv. *Boreas* et *Aquilo*] .	N. E. $\frac{1}{4}$ N.—3° $\frac{3}{4}$	30
Cæcias	N. E. $\frac{1}{4}$ E.+3° $\frac{3}{4}$	60
Apeliotes; Subsolanus	Est.	90
Eurus; Vulturnus	S. E. $\frac{1}{4}$ E.—3° $\frac{3}{4}$	120
Phœnix; Euronotus	S. E. $\frac{1}{4}$ S.+3° $\frac{3}{4}$	150
Notus; Auster	Sud.	180
Libonotus; Libophœnix	S. O. $\frac{1}{4}$ S.—3° $\frac{3}{4}$	210
Libs; Africus	S. O. $\frac{1}{4}$ O.+3° $\frac{3}{4}$	240
Zephyros; Favonius	Ouest	270
Iapix; Corus; Argestes, etc. .	N. O. $\frac{1}{4}$ O.—3° $\frac{3}{4}$	300
Thracias; Cercias	N. O. $\frac{1}{4}$ N.+3° $\frac{3}{4}$	330
Aparctias	Nord	360

Voyez *Aristote*, loc. cit., *id. De Mundo*, caput 4; *Agathemère*, loc. cit.; *id.* lib. II, cap 2; *Pline*, loc. cit.; *Sénèque*, Natur. quæst., lib. V, cap. 16. — Pour la rose de 24 vents, basée sur celle de 12, consultez *Saumaise*, Exercit. Plinian. p. 878 — 892.

* En comptant depuis le nord tout autour du compas. C'est pour mieux nous faire comprendre que nous employons cette manière de compter. Les navigateurs comptent par *quarts de cercle* seulement; en allant de nord vers est et ouest, de même de sud vers est et ouest.

ROSE DE TRENTE-DEUX VENTS.

N. B. On désigne *Nord* par *N.*, *Est* par *E.*, et ainsi de suite.

NOMS ANGLAIS.	NOMS FRANÇAIS.	NOMS ITALIENS.	Place sur le compas
North [N.]	Nord [N.]	Tramontana.	0
N. by E.	N. ¼ N. E.	¼ di T. verso Greco.	11 ¼
N. N. E.	N. N. E.	Greco-Tramontana.	22 ½
N. E. by N.	N. E. ¼ N.	¼ di Greco verso T.	33 ¾
[N. E.] *North-East.*	[N. E.] *Nord-Est.*	*Greco.*	45
N. E. by E.	N. E. ¼ E.	¼ di Gr. v. Levante.	56 ¼
E. N. E.	E. N. E.	Greco-Levante.	67 ½
E. by N.	E. ¼ N. E.	¼ di Levante v. Gr.	78 ¾
East	Est.	Levante.	90
E. by S.	E. ¼ S. E.	¼ di Lev. v. Sciroeco.	101 ¼
E. S. E.	E. S. E.	Levante-Scirocco.	112 ½
S. E. by E.	S. E. ¼ E.	¼ di Scirocco v. Lev.	123 ¾
S. E. [*South-East*].	S. E. [*Sud-Est*].	*Scirocco.*	135
S. E. by S.	S. E. ¼ S.	¼ di Sciroc. v. Ostro.	146 ¼
S. S. E.	S. S. E.	Ostro-Scirocco.	157 ½
S. by E.	S. ¼ S. E.	¼ di Ostro v. Scir.	168 ¾
South	Sud.	Ostro.	180
S. by W.	S. ¼ S. O.	¼ di Ostro v. Libeccio.	191 ¼
S. S. W.	S. S. O.	Ostro-Libeccio.	202 ½
S. W. by S.	S. O. ¼ S.	¼ di Libeccio v. Ostro.	213 ¾
S. W. [*South-West*].	S. O. [*Sud-Ouest*].	*Libeccio.*	225
S. W. by W.	S. O. ¼ O.	¼ di Lib. v. Ponente.	236 ¼
W. S. W.	O. S. O.	Ponente-Libeccio.	247 ½
W. by W.	O. ¼ S. O.	¼ di Ponente v. Libecc.	258 ¾
West.	Ouest.	Ponente.	270
W. by W.	O. ¼ N. O.	¼ di Pon. v. Maestro.	281 ¼
W. N. W.	O. N. O.	Maestro-Ponente.	292 ½
N. W. by W.	N. O. ¼ O.	¼ di Maestro v. Pon.	303 ¾
N. W. [*North-West*].	N. O. [*Nord-Ouest*].	*Maestro.*	315
N. W. by N.	N. O. ¼ N.	¼ di M. v. Tramontana.	326 ¼
N. N. W.	N. N. O.	Maest.-Tramontana.	337 ½
N. by W.	N. ¼ N. O.	¼ di Tram. v. Maestro.	348 ¾
North.	Nord.	Tramontana.	360

N. B. Avec les noms anglais on s'expliquera facilement les noms danois, suédois, hollandais et allemands. Les noms italiens sont en usage dans presque toute la Méditerranée.

TABLE

DES MATIÈRES

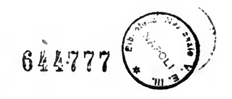
Contenues dans ce Second Volume.

LIVRE VINGT-QUATRIÈME. — *Suite de la Théorie de la Géographie. Des véritables dimensions du Globe, de son aplatissement, et des bases du nouveau Système métrique.*

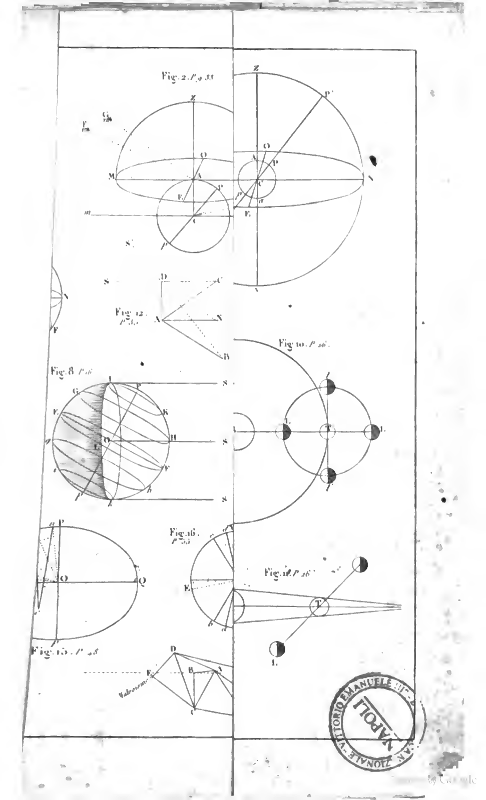
LIVRE TRENTE-NEUVIÈME.—*Suite de la Théorie de la Géographie. De la Température locale et de l'Atmosphère, ou des Climats physiques.* 401

TABLEAUX.

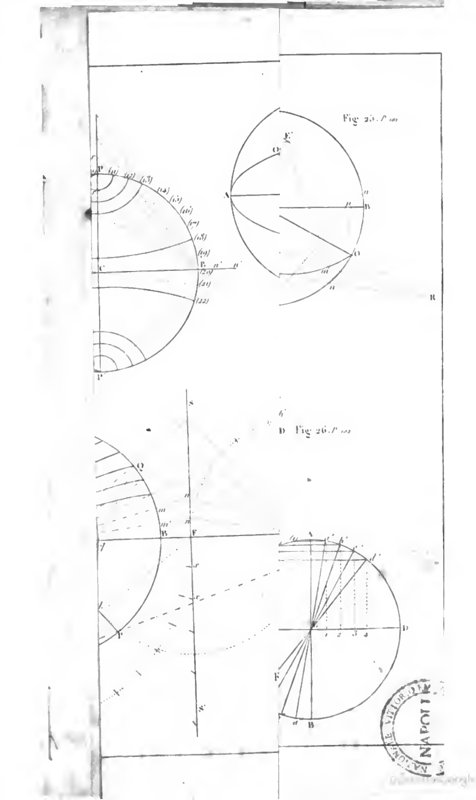
FIN DE LA TABLE DU TOME SECOND.

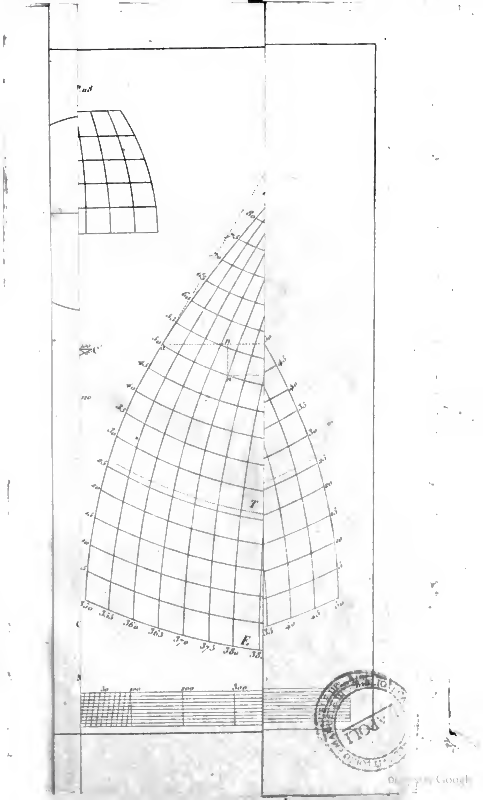


DE L'IMPRIMERIE DE Mme. Ve JEUNEHOMME,
RUE HAUTE-FEUILLE, N° 20.

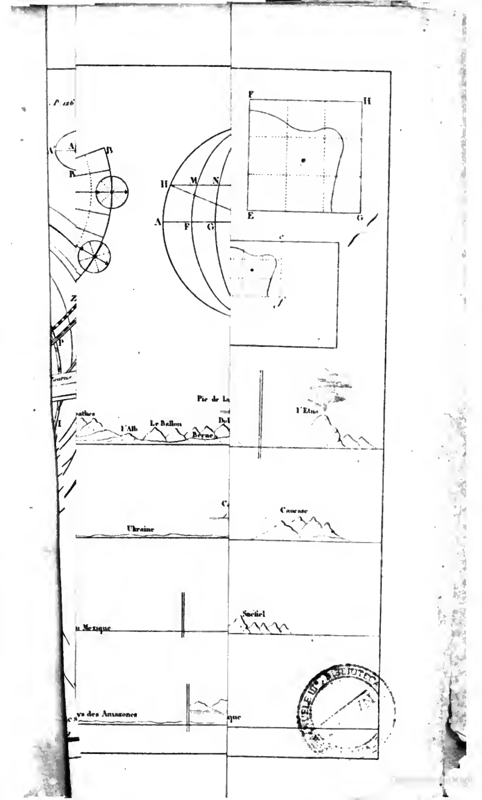

Fig. 2. P. 9. 33
Fig. 12. P. 51.
Fig. 10. P. 26.
Fig. 8. P. 16
Fig. 16. P. 55
Fig. 11. P. 26
Fig. 13. P. 45
Z
O
A
C
M
E
P
S
D
N
B
T
L
H
K
Q
E
NAPOLI
VITTORIO EMANUELE III
NAZIONALE




Fig. 25. P.
Fig. 26. P.
NAPOLI



T
E


P. 126
A
A
B
B
H
M
N
A
F
G
Z
P
I
F
H
E
G
Pic de la
l'Etna
l'Alb
Le Ballon
Berne
Ukraine
Caucase
Snéfiel
Mexique
des Amazones

